





Method and appts. for controlling transmissions of communications system

Publication number:	CN1432221 (A)	Also published as:	
Publication date:	2003-07-23		
Inventor(s):	WALTON J R [US]; WALLACE M [US]; AL J HOLTZMAN ET [US]		WO0176098 (A2)
Applicant(s):	QUALCOMM INC [US]		WO0176098 (A3)
Classification:			US6493331 (B1)
- international:	H04J1/05; H04B1/707; H04B7/005; H04B7/26; H04B17/00; H04J3/00; H04J11/00; H04W52/24; H04W52/26; H04W52/34; H04J1/00; H04B1/707; H04B7/005; H04B7/26; H04B17/00; H04J3/00; H04J11/00; H04W52/00; (IPC1-7): H04B7/005; H04Q7/36; H04Q7/38		US2003123425 (A1)
- European:	H04W52/34L; H04B17/00B1S; H04B17/00B8; H04W52/24; H04W52/26R		US6744743 (B2)
Application number:	CN20018010340 20010320		
Priority number(s):	US20000539157 20000330		

Abstract not available for CN 1432221 (A)  
Abstract of corresponding document: **WO 0176098 (A2)**

In some aspects, each cell in the communications system can be designed to operate in accordance with a set of back-off factors that identify the reductions in peak transmit power levels for the channels associated with the back-off factors. The back-off factors are defined to provide the required power to a large percentage of the users while reducing the amount of interference. In some other aspects, the cells operate using an adaptive reuse scheme that allows the cells to efficiently allocate and reallocate the system resources to reflect changes in the system. A reuse scheme is initially defined and resources are allocated to the cells. During operation, changes in the operating conditions of the system are detected and the reuse scheme is redefined as necessary based on the detected changes.; For example, the loading conditions of the cells can be detected, and the resources can be reallocated and/or the reuse scheme can be redefined. In yet other aspects, techniques are provided to efficiency schedule data transmissions and to assign channels to users. Data transmissions can be scheduled based on user priorities, some fairness criteria, system requirements, and other factors. Users are assigned to available channels based on a number of channel assignment schemes. Channel metrics are also provided, which can be used to prioritize users and for channel assignments.

.....

Data supplied from the *esp@cenet* database — Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04B 7/005

H04Q 7/36 H04Q 7/38



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01810340.5

[43] 公开日 2003 年 7 月 23 日

[11] 公开号 CN 1432221A

[22] 申请日 2001.3.20 [21] 申请号 01810340.5

[30] 优先权

[32] 2000. 3. 30 [33] US [31] 09/539,157

[86] 国际申请 PCT/US01/09325 2001.3.20

[87] 国际公布 WO01/76098 英 2001.10.11

[85] 进入国家阶段日期 2002.11.28

[71] 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 J·R·沃顿 M·沃勒斯

J·霍兹曼 F·P·安东尼奥

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 张政权

权利要求书 14 页 说明书 69 页 附图 17 页

[54] 发明名称 用于控制通信系统的传送的方法和装置

[57] 摘要

在一些方面中, 可把通信系统中的小区设计成根据一组补偿因子而操作, 所述补偿因子标识与所述补偿因子相关联的信道中的峰值发射功率电平中的减少。定义补偿因子来向大百分比的用户提供所要求的功率, 而减少干扰量。在一些其它方面中, 使用自适应复用方案而操作的小区允许小区有效地分配和重分配系统资源, 以反映出系统中的变化。初始定义复用方案, 并向小区分配资源。在操作期间, 检测系统的操作条件中的变化, 并且可重分配资源和/或重定义复用方案。在又一些方面中, 提供技术来有效地调度数据传送以及向用户分配信道。可根据用户的优先级、一些公平性准则、系统要求以及其它因素来调度数据传送。根据若干信道分配方案将用户指定给可用信道。还提供信道度量, 可使用它来划分用户的优先级, 并可用于信道分配。

知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

1. 一种用于控制通信系统中的传送的方法，其特征在于该方法包括：  
确定所述通信系统的一个或多个特性；  
将可用系统资源划分成多条信道；

至少部分地根据所述已确定的通信系统的一个或多个特性，为所述多条信道定义多个补偿因子，其中每条信道与标识峰值发射功率电平的减少的各自的补偿因子相关联，并且其中每个补偿因子范围从 0 至 1；以及

以至少部分地根据所述多个补偿因子而确定的功率电平，在所述多条信道上传送。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于将所述可用系统资源划分成多个时分复用（TDM）时隙，并且其中所述多条信道对应于已定的时隙组。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于将所述可用系统资源划分成多个频分复用（FDM）信道。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于所述多条信道对应于正交频分复用（OFDM）系统中的子带。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于将所述可用系统资源划分成多个码分多址（CDMA）信道。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述已确定的所述通信系统的一个或多个特性包括所述通信系统中的接收机单元的载波对噪声加干扰的比（C/I）。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述已确定的所述通信系统的一个或多个特性包括所述通信系统的负载概率。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于定义所述多个补偿因子以近似地匹配所述通信系统的一个或多个已确定的特性。

9. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于定义所述多个补偿因子以近似地匹配所述通信系统的接收机单元的 C/I 特性。

10. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于部分地根据所要求的中断概率来定义所述多个补偿因子。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于部分地根据为所述多条信道选择的一个或多个设定值来定义所述多个补偿因子, 其中每个设定值对应于数据传送所要求的 C/I。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于部分地根据所要求的中断概率来确定所述一个或多个设定值。

13. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于部分地根据所要求的在所述多条信道上的数据传送的数据速率, 来确定所述一个或多个设定值。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

对所述多条信道的每一条估计所要求的发射功率电平;

根据所估计的所要求的发射功率电平, 为所述多条信道调整所述多个补偿因子。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 其特征在于根据在某一信道上的数据传送的 C/I 估计来估计所述某一信道的所要求的发射功率电平。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于根据在某一信道上的数据传送的数据速率来进一步估计所述某一信道的所要求的发射功率电平。

17. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于至少一条信道与表现出满发射功率的补偿因子 1 相关联, 而剩下的信道与小于 1 的补偿因子相关联。

18. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于动态地定义所述多个补偿因子, 以反映出所述通信系统中的变化。

19. 如权利要求 18 所述的方法, 其特征在于动态地定义所述多个补偿因子, 以反映出所述通信系统中的性能要求中的变化。

20. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于自适应地定义所述多个补偿因子, 以近似匹配所述通信系统中的变化。

21. 如权利要求 20 所述的方法, 其特征在于自适应地定义所述多个补偿因子, 以近似地匹配所述通信系统中的接收机单元的特性中的变化。

22. 如权利要求 20 所述的方法, 其特征在于自适应地定义所述多个补偿因子, 以近似地匹配所述通信系统中的负载条件中的变化。

23. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于根据所测量出的性能, 调整一个或多个补偿因子。

24. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于根据所估计的或所测量的 C/I 来调整所述一个或多个补偿因子。

25. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于根据所测量的帧擦除率 (FER) 来调整所述一个或多个补偿因子。

26. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于根据所估计的中断概率来调整所述一个或多个补偿因子。

27. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于对经选择的时间持续期减少一个或多个补偿因子, 以减少干扰。

28. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于对经选择的时间持续期将一个或多个补偿因子设置为 0, 以消除一条或多条相关信道上的干扰。

29. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于如果某一信道的性能降低到某一阈值之下, 则将所述某一信道的补偿因子设置为 0。

30. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于如果帧擦除率 (FER) 超过某一 FER 阈值, 则将所述某一信道的补偿因子设置为 0。

31. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于如果所述某一信道的中断概率超过某一值, 则将所述某一信道的补偿因子设置为 0。

32. 一种用于控制通信系统中的传送的方法, 其特征在于该方法包括:

为所述通信系统定义一复用模式, 其中所述复用模式包括多个小区;

确定所述复用模式中的每个小区的一个或多个特性;

将可用系统资源划分成多条信道;

至少部分地根据所述已确定的一个或多个特性, 为所述复用模式中的每个小区的所述多条信道定义多个补偿因子, 其中每个小区的每条信道与标识峰值发射功率电平的减少的各自的补偿因子相关联, 并且其中每个补偿因子范围从 0 至 1; 以及

以至少部分地根据所述相关的补偿因子而确定的功率电平, 在所述多条信道上从所述多个小区传送。

33. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于所述复用模式中的每个小区的补偿因子与该复用小区中的相邻小区的补偿因子交错。

34. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

为所述复用模式中的每个小区的所述多条信道估计有效链路容限；以及根据所估计的链路容限，为所述复用模式中的每个小区重定义所述补偿因子。

35. 如权利要求 34 所述的方法，其特征在于重复地进行所述估计和重定义，直到满足一组条件为止。

36. 如权利要求 34 所述的方法，其特征在于重复地进行所述估计和重定义，直到所述有效链路容限处于某一阈值之内为止。

37. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于进一步包括：

在某一小区，接收来自一个或多个邻近小区对减少某一信道的补偿因子的一个或多个请求；以及

根据所接收的一个或多个请求，减少所述某一信道的补偿因子。

38. 如权利要求 37 所述的方法，其特征在于以所请求的来自所述一个或多个邻近小区的最大的减少来减少所述某一信道的补偿因子。

39. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于在一个或多个时隙、或在一条或多条信道上、或由所述复用模式中的一个或多个小区、或它们的组合施加所述补偿因子。

40. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于将所述可用系统资源划分成多个时分复用（TDM）时隙、多条频分复用（FDM）信道或多条码分多址（CDMA）信道，其中所述多条信道对应于已定的多组 TDM 时隙、或多条 FDM 信道、或多条 CDMA 信道或它们的组合。

41. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于所确定的所述通信系统的一个或多个特性包括所述通信系统中的接收机单元的载波对噪声加干扰比（C/I）或所述通信系统的负载概率，或两者。

42. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于部分地根据所述小区中的接收机单元的 C/I 特性、为所述多条信道所选择的一个或多个设定值、所要求的中断概率或它们的组合来定义每个小区的所述多个补偿因子。

43. 如权利要求 32 所述的方法，其特征在于根据所测量的或所估计的对应于所测量的帧擦除率（FER）、中断概率、或 C/I 或它们的组合的性能来调整某一小区的一个或多个补偿因子。

44. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于以与所测量的 C/I 和设定值有关的量来调整某一小区的一个或多个补偿因子。

45. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于修改指定给所述多个小区的补偿因子, 以减少同信道干扰。

46. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于向所述多个小区的每一个指定在其中允许数据传送的各自的一组时间间隔。

47. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于所述补偿因子与扇区化的小区中的扇区相关联。

48. 一种用于操作无线通信系统中的多个发射机单元的方法, 其特征在于该方法包括:

将可用系统资源划分成多条信道;

为所述通信系统定义一复用模式, 其中所述复用模式包括多个小区;

确定所述复用模式中的每个小区的一个或多个特性;

至少部分地根据所述已确定的所述小区的一个或多个特性, 向所述复用模式中的每个小区分配一组信道; 以及

重复所述确定和分配, 以反映出所述通信系统中的变化。

49. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于向所述复用模式中的每个小区分配各自的一组信道, 用于以满功率电平传送。

50. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于向所述复用模式中的每个小区分配各自的一组信道, 它包括可用于以满功率电平传送的一条或多条信道, 以及可用于以减少的功率电平传送的一条或多条信道。

51. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于部分地根据所述复用模式中可用信道的数量和小区数来确定分配给所述小区的信道组。

52. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于部分地根据所估计的所述小区中的负载条件来确定分配给所述小区的信道组。

53. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于向所述复用模式中的每个小区分配各自的一组信道, 这些信道与那些分配给所述复用模式中的其它小区的信道正交。

54. 如权利要求 48 所述的方法, 其特征在于分配给某一小区的一条或多

条信道以减少的功率传送，以减少干扰。

55. 如权利要求 54 所述的方法，其特征在于以已定的步长进行功率中的减少。

56. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于暂时地禁止分配给某一小区的一条或多条信道传送，以减少干扰。

57. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于对于已分配的信道组的容量不能支持的传送需求，某一小区在非分配的信道上传送。

58. 如权利要求 57 所述的方法，其特征在于根据所估计的所选择的信道的性能来选择所述非分配的信道。

59. 如权利要求 58 所述的方法，其特征在于根据所估计的由相邻小区占用经选择的信道的概率，来选择所述非分配的信道。

60. 如权利要求 58 所述的方法，其特征在于根据所估计的在经选择的信道上可达到的载波对干扰加噪声比 (C/I) 来选择所述非分配的信道。

61. 如权利要求 58 所述的方法，其特征在于根据所述经选择的信道的中断概率，来选择所述非分配的信道。

62. 如权利要求 57 所述的方法，其特征在于由某一小区以某一时间持续期保留一条或多条信道用于传送。

63. 如权利要求 62 所述的方法，其特征在于以所述某一时间持续期禁止邻近小区在所述一条或多条保留的信道上传送。

64. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于当已分配的信道正在传送时，把每条已分配的信道的发射功率限制到一功率电平范围。

65. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于周期地进行所述确定和分配。

66. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于一当接收到所述通信系统中的变化的指示，就进行所述确定和分配。

67. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于所述复用模式包括 3 个或更多小区。

68. 如权利要求 48 所述的方法，其特征在于把所述可用系统资源划分成 12 条或更多条信道。

69. 一种用于向通信系统中的多个接收机单元提供数据传送的方法，其



特征在于该方法包括：

定义用于向所述多个接收机单元的所述数据传送的复用方案，其中已定的复用方案标识某一复用模式、可用系统资源的初始分配以及一组工作参数；  
根据所述已定的复用方案向所述多个接收机单元传送；  
估计所述通信系统的性能；  
确定所估计的系统性能是否处于某些阈值之内；以及  
如果所估计的系统性能不处于所述某些阈值之内，则重定义所述复用方案。

70. 如权利要求 69 所述的方法，其特征在于所述复用方案包括：

表征所述通信系统的一个或多个参数，以及

至少部分地根据所述一个或多个已表征的参数来定义复用方案，其中所述复用方案标识所述复用模式以及基于所述某一复用模式的初始小区复用布局。

71. 如权利要求 70 所述的方法，其特征在于所述表征包括  
为所述通信系统中的所述多个接收机单元确定干扰表征。

72. 如权利要求 70 所述的方法，其特征在于周期地更新所述一个或多个参数，以反映出所述通信系统中的变化。

73. 如权利要求 70 所述的方法，其特征在于所述定义所述复用方案进一步包括：

将所述可用系统资源划分成多条信道，以及

至少部分地根据所述一个或多个经表征的参数，向所述小区复用布局中的每个小区分配一组信道。

74. 如权利要求 73 所述的方法，其特征在于所述表征包括  
对分配给每个小区的所述信道组确定期望的占用概率。

75. 如权利要求 74 所述的方法，其特征在于为未表征的信道将所述期望的占用概率设置为 1。

76. 如权利要求 73 所述的方法，其特征在于所述定义所述复用方案进一步包括

定义要与每个已分配的信道组相关联的一组补偿因子。

77. 如权利要求 73 所述的方法, 其特征在于所述一组工作参数包括对于每个已分配的信道组的一组补偿因子。

78. 如权利要求 69 所述的方法, 其特征在于进一步包括

接收所述通信系统中的变化的指示; 以及

重定义复用方案, 以响应所接收到的所述通信系统中的变化的指示。

79. 如权利要求 69 所述的方法, 其特征在于所述估计包括

对某一小区确定有效链路容限、帧擦除率 (FER)、中断概率、或平均吞吐量或它们的组合。

80. 一种用于向通信系统中的多个接收机单元提供数据传送的方法, 其特征在于该方法包括:

更新要用于调度所述数据传送的第 1 组参数;

划分所述数据传送的优先级;

至少部分地根据所述数据传送的优先级将所述数据传送指定到各自的可用信道;

更新要用于传递所述数据传送的第 2 组参数; 以及

使用所述已更新的第 2 组参数, 在所述已分配的信道上向所述多个接收机单元传送。

81. 如权利要求 80 所述的方法, 其特征在于所述第 1 组参数包括信道占用概率、负载概率、所述接收机单元的载波对干扰加噪声比 (C/I)、或补偿因子或它们的组合。

82. 如权利要求 80 所述的方法, 其特征在于所述划分优先级包括

使用所述已更新的第 1 组参数对每个接收机单元计算所述可用信道的信道度量。

83. 如权利要求 82 所述的方法, 其特征在于所述信道度量与累积吞吐量有关。

84. 如权利要求 83 所述的方法, 其特征在于根据可实现的或实际的数据速率来确定所述累积吞吐量。

85. 如权利要求 83 所述的方法, 其特征在于把所述累积吞吐量定义为在某一时间间隔上可实现的或实际的数据速率的滑动平均。

86. 如权利要求 82 所述的方法, 其特征在于所述信道度量与中断概率有关。

87. 如权利要求 82 所述的方法, 其特征在于所述信道度量与期望的可达到的载波对干扰加噪声比 (C/I) 有关。

88. 如权利要求 82 所述的方法, 其特征在于所述信道度量反映出表现出来自干扰源的期望的干扰的干扰约束矩阵。

89. 如权利要求 82 所述的方法, 其特征在于所述划分优先级进一步包括部分地根据所计算的信道度量, 向所述数据传送指定优先级。

90. 如权利要求 89 所述的方法, 其特征在于所述划分优先级进一步包括至少部分地根据所述数据传送所经受的延迟来提升某一数据传送的优先级。

91. 如权利要求 89 所述的方法, 其特征在于部分地根据所述数据传送的所指定的优先级和所计算的信道度量, 来实现将所述数据传送指定给各自的可用信道。

92. 如权利要求 91 所述的方法, 其特征在于从最高优先级数据传送开始, 把依次较低优先级的数据传送指定给可用信道。

93. 如权利要求 91 所述的方法, 其特征在于从最高负载数据传送开始, 把依次较小负载的数据传送指定给可用信道。

94. 如权利要求 80 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

测量一个或多个数据传送的性能; 以及

根据所测量的性能为所述一个或多个数据传送调整发射功率电平。

95. 如权利要求 94 所述的方法, 其特征在于根据所测量的所述一个或多个数据传送的帧擦除率 (FER) 来为所述一个或多个数据传送调整发射功率电平。

96. 如权利要求 80 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

为某一数据传送估计所要求的发射功率; 以及

部分地根据所估计的要求的发射功率, 调整所述某一数据传送的数据速率。

97. 如权利要求 80 所述的方法, 其特征在于实现所述分配, 以使所述数

据传送的数据速率近似相等。

98. 如权利要求 97 所述的方法, 其特征在于通过向数据传送指定两条或更多信道以较低数据速率传送, 而实现所述均等的的数据速率。

99. 一种用于在多条信道上向通信系统中的多个接收机单元提供数据传送的方法, 其特征在于该方法包括:

对每个接收机单元, 对所述多条信道计算信道度量;

划分所述数据传送的优先级;

根据所述数据传送的优先级以及所计算的信道度量将数据传送分配给所述多条信道, 其中所述分配包括:

选择具有最高优先级的数据传送,

将经选择的数据传送分配给具有最不利信道度量的信道, 但满足要求的信道, 以及

以递减的优先级顺序依次将剩下的数据传送分配给可用信道; 以及在已分配的信道上向所述多个接收机单元传送。

100. 如权利要求 99 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

将一个或多个数据传送提升到具有较有利的信道度量的可用信道。

101. 如权利要求 100 所述的方法, 其特征在于所述提升包括:

选择具有最高优先级的数据传送;

从可用信道列表中选择具有最有利的信道度量的信道; 以及

如果与经选择的信道相关联的所述信道度量比与原始分配的信道相关联的信道度量更有利, 则将经选择的数据传送重分配给所述经选择的信道。

102. 一种用于在多条信道上向通信系统中的多个接收机单元提供数据传送的方法, 其特征在于该方法包括:

为所述多条信道定义多个补偿因子, 其中所述补偿因子标识各自信道的峰值发射功率电平中的减少;

将所述数据传送分配至所述多条信道;

为所述数据传送确定所要求的发射功率电平;

根据所确定的要求的发射功率电平, 调整所述多个补偿因子; 以及

根据所述多个经调整的补偿因子, 在所述多条信道上传送所述数据传送。

103. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于在所述传送之前进行对所述多个补偿因子的调整。

104. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

测量一个或多个数据传送的性能; 以及

根据所测量的性能, 为所述一个或多个数据传送调整发射功率电平。

105. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于部分地根据所述数据传送的优先级来进行将所述数据传送分配给所述多条信道。

106. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

至少部分地根据所述多个补偿因子, 为所述数据传送计算信道度量, 以及

其中部分地根据所计算的信道度量, 来进行将所述数据传送分配给所述多条信道。

107. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

划分所述数据传送的优先级, 以及

其中部分地根据所述数据传送的优先级来进行将所述数据传送分配给所述多条信道。

108. 如权利要求 107 所述的方法, 其特征在于所述数据传送的优先级与可达到的 C/I 有关。

109. 如权利要求 107 所述的方法, 其特征在于所述数据传送的优先级与可实现的或实际的累积吞吐量有关。

110. 如权利要求 107 所述的方法, 其特征在于在所述分配中较早地考虑具有较高优先级的数据传送。

111. 如权利要求 107 所述的方法, 其特征在于进一步包括:

根据一个或多个参数来提升某一数据传送的优先级。

112. 如权利要求 102 所述的方法, 其特征在于根据所述通信系统的一个或多个特性来定义所述补偿因子。

113. 一种通信系统中的发射机单元, 其特征在于包括:

系统数据处理器, 它在操作上接收输入数据流, 并将其划分成多条信道数据流, 并处理所述多条信道数据流;

耦合至所述系统数据处理器的一个或多个调制器，所述调制器在操作上接收并调制所述多个经处理的信道数据流，以产生一个或多个已调信号，所述已调信号包括要在多条信道上传送到多个接收机单元的多个数据传送，其中每条信道与从 0 至 1 范围的各自的补偿因子相关联，所述补偿因子标识峰值发射功率电平中的减少；以及

耦合至所述一个或多个调制器，并在操作上接收和发射所述一个或多个已调信号的一个或多个天线。

114. 如权利要求 113 所述的发射机单元，其特征在于根据所述通信系统的 C/I 特性或负载来确定所述多条信道的补偿因子。

115. 如权利要求 113 所述的发射机单元，其特征在于所述一个或多个调制器在操作上实现正交频分复用（OFDM）调制。

116. 一种通信系统中的发射机单元，其特征在于包括：

资源分配处理器，它在操作上接收定义要用于向多个接收机单元数据传送的复用方案的数据，其中已定的复用方案标识某一复用模式、可用系统资源的初始分配以及一组工作参数；

耦合至所述资源分配处理器的系统数据处理器，它在操作上接收输入数据流，并将其划分成多条信道数据流，并且根据已定的复用方案而处理所述多条信道数据流；

耦合至所述系统数据处理器的一个或多个调制器，所述调制器在操作上接收并调制所述多个经处理的信道数据流，以产生一个或多个已调信号，所述已调信号包括要在多条信道上传送到多个接收机单元的多个数据传送；以及

耦合至所述一个或多个调制器，并在操作上接收和发射所述一个或多个已调信号的一个或多个天线。

117. 如权利要求 116 所述的发射机单元，其特征在于所述资源分配处理器进一步在操作上

估计所述通信系统的性能；

确定所估计的系统性能是否处于某些阈值之内，以及

如果所述已估计的系统性能不处于所述某些阈值之内，则重定义所述复

用方案。

118. 一种通信系统中的发射机单元，其特征在于包括：

资源分配处理器，它在操作上接收要用于调度数据传送的第1组参数；

耦合至所述资源分配处理器的系统数据处理器，它在操作上接收输入数据流，并将其划分成多条信道数据流，并且根据所述第1组参数而处理所述多条信道数据流，其中划分所述多条信道数据流的优先级，并且至少部分地根据所述数据流的优先级来将所述数据流分配给多条信道；

耦合至所述系统数据处理器的一个或多个调制器，所述调制器在操作上根据第2组参数接收并调制所述多个经处理的信道数据流，以产生一个或多个已调信号，所述已调信号包括要在多条信道上传送到多个接收机单元的多个数据传送，其中所述第2组参数包括所述多条信道的一组补偿因子；以及

耦合至所述一个或多个调制器，并在操作上接收和发射所述一个或多个已调信号的一个或多个天线。

119. 一种通信系统中的发射机单元，其特征在于包括：

系统数据处理器，它在操作上

接收输入数据流，并将其划分成多条信道数据流，

处理所述多条信道数据流，以及

将经处理的信道数据流分配给多条信道；

耦合至所述系统数据处理器的一个或多个调制器，所述调制器在操作上

接收并调制所述多个经处理的信道数据流，以产生一个或多个已调信号，所述已调信号包括要在多条信道上传送的多个数据传送，

至少部分地根据所述多条信道上的功率约束，来为所述多个数据传送确定发射功率电平，以及

根据所述已确定的发射功率电平调整与所述多条信道相关联的功率电平；以及

耦合至所述一个或多个调制器，并在操作上接收和发射所述一个或多个已调信号的一个或多个天线。

120. 一种通信系统中的接收机单元，其特征在于包括：

一个或多个天线，在操作上接收通过下述产生和传送的一个或多个已调

## 信号

将输入数据流划分成若干信道数据流，

处理并调制所述多个信道数据流以产生包括要在多条信道上传送的多个数据传送的一个或多个已调信号，以及

根据与所述多条信道相关联的一组补偿因子来调整所述多个数据传送的功率电平，其中每个补偿因子标识峰值发射功率电平中的减少；

耦合至所述一个或多个天线的一个或多个解调器，所述解调器在操作上接收并解调所述一个或多个已调信号，以产生一个或多个解调符号流；以及

耦合至所述一个或多个解调器的数据处理器，它在操作上接收并处理所述一个或多个解调符号流，以产生输出数据。



## 用于控制通信系统的传送的方法和装置

### 发明背景

#### 一、发明领域

本发明涉及数据通信。本发明尤其涉及用于控制通信系统的传送的新颖的改进的方法和装置，以提高效率以及改进性能。

#### 二、相关技术说明

无线通信系统正变得更加普遍地作为用于支持各种通信应用的系统选择。这样的无线通信系统是码分多址（CDMA）系统，它促进了大量系统用户之间的通信。其它无线通信系统包括时分多址（TDMA）系统和频分多址（FDMA）系统。全球移动通信系统（GSM）是一种在欧洲广泛被使用的基于 TDMA 的系统。

CDMA 的扩展频谱调制技术具有比其它多址通信系统的调制技术显著的优点。在 1990 年 2 月 13 日发布的名为“SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL REPEATERS”的美国专利号 4,901,307 中，以及在 1992 年 4 月 7 日发布的名为“SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING SIGNAL WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM”的美国专利号 5,103,459 中揭示了在多址通信系统中对 CDMA 技术的使用，两者皆被转让给本发明的受让人，并通过引用而结合于此。

典型地把 CDMA 系统设计成符合一个或多个 CDMA 标准。这样的 CDMA 标准的例子包括“TIA/EIA/IS-95-A Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System”以及“TIA/EIA/IS-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System”（一起称为 IS-95 标准），名为“Recommended Minimum Performance Standard for Dual-Mode Spread Spectrum Cellular and PCS Mobile Stations”的 TIA/EIA/IS-98-A、

-B 以及 -C 标准以及 “The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission”（下文中称为 IS-2000 标准）。不断地提出和采用新的标准来使用。

在无线通信系统中，通过一个或多个基站管理用户之间的通信。一个终端（如远程站）上的第 1 用户通过在上行链路上向基站发送数据而与第 2 终端上的第 2 用户通信。基站接收该数据并将该数据发送到另一基站。然后在下行链路上从基站将该数据发送到所述第 2 终端。所述下行链路指的是从基站到终端的传送，而上行链路指的是从终端向基站的传送。在 IS-95 系统中，向上行链路和下行链路分配分开的频率。

在无线通信系统中，每个发射源充当对系统中的接收机的潜在干扰。为了与终端和基站所经受的干扰作斗争，以及为了保持所要求的性能级别，常规 TDMA 和 FDMA 系统借助于频率复用技术，从而在每个小区中不是分别使用所有的时隙和频率信道。例如，TDMA 系统可使用 7 小区复用模式，其中把整个工作带宽  $W$  分割成 7 个相等的工作频带（即  $B=W/7$ ），并且把 7 个小区的每一个指定给所述频带之一。从而，每 7 个小区复用相同的频带。通过复用，相对于向每个小区分配相同的频带来说，就降低了每个小区中所经受的同信道干扰级别。然而，由于每个小区仅被分配并只能使用全部工作带宽的一部分，多于一个小区的复用模式（诸如常规 TDMA 系统的 7 小区复用模式）表现出对可用资源的低效率使用。

CDMA 系统能够以 1 小区复用模式工作（即相邻的小区可使用相同的工作带宽）。然而，CDMA 系统被设计成载送具有低数据速率（如 32kbps 或更少）的话音数据。使用码分扩展频谱，将低速率数据扩展到宽带宽（如 1.2288MHz）。由于大的扩展因子，可以以低的或负的载波对噪声加干扰比（C/I）电平来接收发送信号，将其解扩展成相干信号，并处理。所述 CDMA 系统不是为高数据速率的数据传送而设计的。

给予对无线通信日益增长的需求，能够支持高数据速率的数据传送并考虑到对可用资源的较佳利用以提高效率和改进性能的方法和装置是非常希望的。

## 发明概述

本发明提供用于控制通信系统的传送的技术，以增加效率和改进性能。通信系统一般要求满足某一覆盖标准，一般由对规定的时间百分比（如 99.99 %）和/或具有接收信号电平超过某一 C/I 阈值的用户的某一百分比（如 99 %）而达到的指定最小平均比特率来定义该标准。所述覆盖要求常常受小百分比的处于不利地位的用户的影响，这些用户经受来自小数量的干扰源的过度干扰。

本发明承认该事实，并提供试图帮助处于不利地位的用户何时何地可能达到所述覆盖要求的各种技术。根据本发明的某些方面，可把系统中的每个小区设计成根据一组补偿因子而操作，该组补偿因子标识与补偿因子相关联的信道的峰值发射功率电平中的减少。定义所述补偿因子以向大百分比的用户提供所要求的功率，而减少干扰的量。

根据本发明的其它方面，小区使用自适应复用方案操作，所述自适应复用方案允许小区有效地分配和重分配系统资源以反映出通信系统中的变化。一开始定义复用方案并且向小区分配资源。在操作期间，检测系统的操作条件中的变化，并且根据所检测的变化而按需重定义复用方案。例如，可检测小区的负载条件，并且根据所检测的负载条件可重分配资源和/或重定义复用方案。

根据本发明的某些其它方面，提供技术以有效地调度数据传送以及向用户分配信道。可根据用户的优先级、一些公平性准则、系统要求以及其它因素来调度数据传送。根据若干信道分配方案，将对用户的数据传送分配到可用信道。还提供信道度量，可使用信道度量来划分用户的优先级和用于信道分配。下面进一步详细描述了本发明的这些各种方面。

本发明的一个详细实施例提供用于控制通信系统中的传送的方法。根据该方法，首先将可用系统资源划分成若干信道。确定通信系统的一个或多个特性，并根据所确定的系统特性定义一组补偿因子。向每个信道分配范围从 0 至 1 的各自的补偿因子，标识从峰值发射功率电平的减少。以根据所述补偿因子而确定的功率电平在信道上发射数据传送。一条或多条信道一般与表示满发射功率的补偿因子 1 相关联，而剩下的信道一般与小于 1 的补偿因子相

关联。

可把可用系统资源划分成若干时分复用 (TDM) 时隙、频分复用 (FDM) 信道或码分多址 (CDMA) 信道。然后所述信道对应于已定的各组 TDM 时隙、FDM 信道、CDMA 信道或它们的组合。

可以根据通信系统中的接收机单元的载波对噪声加干扰的比 (C/I) 特性、负载概率、所要求的中断概率、设定值 (即所要求的 C/I) 或系统的其它特性或参数, 来定义所述补偿因子。

可以根据已估计的所要求的每条信道的发射功率来调整每条信道的补偿因子。可以根据已估计或已测量的 C/I、帧擦除率 (FER)、中断概率以及其它来估计所要求的发射功率。还可根据通信系统中的变化 (如用户特性、负载、C/I 要求等等之中的变化) 来调整所述补偿因子。对经选择的时间持续期可减少一个或多个补偿因子 (或可能设置为 0), 以减少相关信道上的干扰。还可以把具有极度差的帧擦除率 (FER) 和/或中断概率的非常恶劣的信道的补偿因子设置为 0。

对于多小区系统, 可根据小区的已定特性来为每个小区定义一组补偿因子。在复用模式中, 某一小区的补偿因子与邻近小区的补偿因子交错, 以减少干扰。小区可请求其它小区暂时减少或停止它们的发射功率, 使得可服务某一处于不利地位的用户。如果小区接收多个对功率降低的请求, 小区则施加所请求的最大功率降低。可以各种方式 (如在指定的时间间隔处以已定步长、以已定量等) 施加所述功率降低。还可以修改或调整指定给小区的补偿因子, 以减少同信道干扰的量。还可向每个小区指定允许数据传送的时间间隔。同样地, 补偿因子可与扇区化的小区中的扇区相关联 (或与至某一地理区域的任何定向传送相关联)。

本发明的另一详细实施例提供一种用于操作无线通信系统中的若干发射机单元的方法。根据该方法, 首先将可用系统资源划分成若干信道。为该系统定义包括若干小区的复用方案。确定复用方案中的每个小区的一个或多个特性, 并根据所确定的小区特性来向所述复用方案中的每个小区分配一组信道。连续地确定小区的特性, 并且分配新的信道组以反映出通信系统中的变化。

一般向所述复用方案中的每个小区分配一组信道，用于以满功率电平传送，并可进一步分配以减少的功率电平传送的一条或多条信道。例如，信道分配一般取决于诸如可用信道数、该复用方案中的小区数、用户特性、小区中的负载条件以及其它之类的若干因素。在一些实现中，当需要额外的容量时，小区可在非分配的信道上传送。例如，可根据所估计的性能、被其它小区占用的概率、中断概率等等来选择非分配的信道。对某一时间持续期，可由某一小区保留一条或多条信道用于传送。

本发明的又一详细实施例涵盖了一种用于向通信系统中的若干接收机单元提供数据传送的方法。根据该方法，更新用于调度数据传送的第1组参数，并且划分到用户的数据传送的优先级，并根据它们的优先级而向它们分配可用信道。更新用于传送的第2组参数，并且使用已更新的第2组参数在已分配的信道上向接收机单元传送所述数据传送。可测量所述数据传送的性能（如FER），并根据所测量的性能而相应地调整数据传送的发射功率电平和/或数据速率。

例如，所述第1组参数可包括信道占用概率、负载概率、接收机单元的C/I的特性、或补偿因子或者它们的组合。为了进行优先级划分，可使用已更新的第1组参数为每个接收机单元的可用信道计算信道度量。所述信道度量可与（例如可实现的或实际的）接收机单元的累积吞吐量、中断概率、期望的C/I或一些其它测量有关，并可进一步反映来自干扰源的期望干扰。

根据所计算出的信道度量来指定数据传送的优先级，并且可根据例如传送延迟来修改所述优先级。可根据所指定的优先级和所计算出的信道度量，将数据传送指定到可用信道。在一些实现中，从最高优先级数据传送开始，将依次较低优先级数据传送指定给可用信道。在一些其它实施例中，从最高负载开始，将依次较小负载的数据传送指定给可用信道。所述信道分配还可试图使一些数据传送的数据速率近似相等。

本发明的又一详细实施例涵盖了一种用于在若干信道上向通信系统中的若干接收机单元提供数据传送的方法。根据该方法，为信道定义一组补偿因子，其中补偿因子标识所述信道的峰值发射功率电平的减少。把数据传送指定给信道，并且为所述数据传送确定所要求的功率电平。根据所要求的发射

功率电平调整所述补偿因子，并且根据所调整的补偿因子而在信道上传送所述数据传送。可使用各种方面来定义和调整上述的补偿因子、调度数据传送以及分配信道。

本发明的又一详细实施例提供了一种包括系统数据处理器、一个或多个调制器以及一个或多个天线的发射机单元。所述系统数据处理器接收输入数据流，并将其划分成若干信道数据流，并处理所述信道数据流。调制器接收并调制经处理的信道数据流，以产生一个或多个经调制的信号，所述信号包括要在若干信道上发送到若干接收机单元的若干数据传送。每条信道与各自的从 0 至 1 的补偿因子相关联，所述补偿因子标识峰值发射功率电平的减少。天线接收以及发射经调制的信号。

例如，根据诸如系统的 C/I 特性或负载之类的各种系统特性来定义信道的补偿因子。可把调制器设计成实现正交频分复用 (OFDM) 调制。

本发明的又一详细实施例提供了一种包括一个或多个天线、一个或多个解调器和一个数据处理器的接收机单元。天线接收一个或多个已调信号，通过 (1) 将输入数据流划分成若干信道数据流，(2) 处理并调制所述信道数据流以产生包括要在若干信道上传送的若干数据传送的一个或多个已调信号，以及 (3) 根据与信道相关联的一组补偿因子来调整所述数据传送的功率电平，以产生并发射所述已调信号。解调器接收并解调已调信号，以产生一个或多个解调的符号流，并且数据处理器接收并处理所述已解调的符号流，以产生输出数据。

如下所述，还提供了所述发射机和接收机单元的各种其它实施例。而且，下面还描述了通信系统的各种方面、特性和实施例。

#### 附图简述

通过下述结合附图的详细描述，本发明的特点、特性和优点将变得更清楚，附图中用相同的参考符号标识相应的部分，其中：

图 1 是支持许多用户并能实现本发明的至少一些方面和实施例的通信系统的图；

图 2 是某一特定通信系统的若干固定复用模式所达到的 C/I 的累积分布

函数 (CDF) ;

图 3 是一般描述根据本发明的一些实施例的通信系统的操作的流程图;

图 4 是本发明的自适应复用方案的详细实现;

图 5 是能够使用本发明的自适应复用方案的一些实施例的 3 小区系统的图;

图 6 是图 5 中所示的 3 小区系统的资源划分和分配的实施例的图;

图 7 是对于所有小区以满功率发射的 1 小区复用模式所达到的 C/I 的 CDF;

图 8 是使用 3 小区复用方案的 21 小区系统的图;

图 9 是调度数据传送的方案实施例的流程图;

图 10 是基于需求的信道分配方案的实施例的流程图;

图 11 是信道提升方案的实施例的流程图;

图 12 是对于两个不同的散射环境的作为设定值的函数的平均复用系数的曲线;

图 13A 是对于具有 4 个发射天线和 4 个接收天线的  $4 \times 4$  多输入多输出 (MIMO) 模式的以 C/I 的函数形式给出的用户的吞吐量的曲线;

图 13B 是描述用于 5 个不同的复用方案的模拟的小区布局的图;

图 13C 是对于 5 个复用方案的每一个, 平均用户吞吐量落在 x 轴上给出的值之下的概率的曲线;

图 14 是能够实现本发明的一些方面和实施例的 MIMO 通信系统的图; 以及

图 15 是图 14 中所示的传输系统的数据处理器和调制器的实施例的框图。

### 较佳实施例的详细说明

图 1 是支持许多用户并能实现本发明的至少一些方面和实施例的通信系统 100 的图。系统 100 为 102a 至 102g 的若干小区提供通信, 由对应的基站 104 服务所述小区的每一个。以实现覆盖所希望的区域的方式来组织所述小区。例如, 可以把覆盖范围定义成这样的范围, 在该范围内终端 106 处的用户可获得某一特定的服务等级 (GOS)。覆盖范围中的终端 106 可以是固定的 (即静止的) 或移动的, 一般由主基站服务。对于每个活动的终端, 来自其它基

站和终端的发射表示潜在的干扰。

如图 1 中所示, 把各个终端 106 分散而遍及整个系统。例如, 取决于是否使用“软越区切换”或是否把终端设计并操作成(同时地或顺序地)接收来自多个基站的传送, 每个终端 106 在任何给定时刻在下行链路和上行链路上与至少一个并可能与更多基站 104 通信。所述下行链路指的是从基站到终端的传送, 而所述上行链路指的是从终端至基站的传送。

在图 1 中, 基站 104a 在下行链路上向终端 106a 和 106j 传送数据, 基站 104b 向终端 106b 和 106j 传送数据, 基站 104c 向终端 106c 传送数据, 等等。在图 1 中, 带有箭头的实线指示出从基站到终端的数据传送。带有箭头的虚线指示出终端正在接收导频信号, 但没有接收来自基站的数据传送。为了简单起见, 图 1 中未示出上行链路通信。

可根据 2000 年 3 月 22 日申请的名为“HIGH EFFICIENCY, HIGH PERFORMANCE COMMUNICATIONS SYSTEM EMPLOYING MULTI-CARRIER MODULATION”的美国专利申请序列号 09/532, 492 (代理人文档号 PD000151) 中揭示的通信系统, 或者根据名为“METHOD AND APPARATUS FOR HIGH RATE PACKET DATA TRANSMISSION”的美国专利申请序列号 08/963, 386 中揭示的系统, 来设计系统 100, 两个申请皆被转让给本发明的受让人, 并通过引用而结合于此。还可以把系统 100 设计成支持诸如 IS-95 标准、W-CDMA 标准、其它标准或它们的组合之类的一个或多个 CDMA 标准的 CDMA 系统。

在系统 100 中, 大量终端共享公共资源, 即全部工作带宽  $W$ 。为了在某一特定终端实现所希望的性能级别, 需要把来自其它传送的干扰降至可接受的级别。同样地, 为了对给定的工作带宽而以高数据速率进行可靠传送, 有必要以某一载波对噪声加干扰比 ( $C/I$ ) 电平或在其之上而操作。通过将全部可用资源分成部分, 把每个部分分配给某一小区, 可常规地实现干扰的降低和获得所要求的  $C/I$ 。

例如, 可以把全部工作带宽  $W$  分成  $N$  个相等的工作频带 (即  $B=W/N$ ), 并且可以把每个小区指定到所述  $N$  个频带之一。周期地复用所述频带, 来实现较高的频谱效率。对于诸如图 1 所支持的模式之类的 7 小区复用模式, 可以向小区 102a 分配第 1 频带, 向小区 102b 分配第 2 频带, 等等。



典型地把通信系统设计成符合若干系统要求，例如这些要求可包括服务质量（QOS）、覆盖以及性能要求。典型地把服务质量定义为覆盖范围中的每个终端能够实现指定的时间百分比的规定的最小平均比特速率。例如，可要求系统向任何终端提供对于 99.99% 的时间的至少 1Mbps 的最小平均比特速率。覆盖要求可指示具有所接收的信号电平超过某一 C/I 阈值的终端的百分数（如 99%）实现规定的服务等级。以及可通过最小平均比特速率、某一特定比特差错率、某一特定帧擦除率（FER）或一些其它要求性能要求来定义性能要求。这些要求影响可用资源的分配以及系统效率。

图 2 是某一特定通信系统的若干复用模式所达到的 C/I 的累积分布函数（CDF）。水平轴  $x$  表示 C/I，以及垂直轴表示某一终端所达到的 C/I 小于水平轴中所示的 C/I 的概率（即  $P(C/I < x)$ ）。如图 2 中所示，实际上没有终端达到比 0 更差的 C/I。图 2 还示出较大的 C/I 随着较大的复用而增长的概率（即 7 小区复用模式的  $P(C/I > x)$  大于 1 小区复用模式的  $P(C/I > x)$ ）。

图 2 中的 C/I CDF 可用于表征通信系统的性能。作为例子，假设要求至少 10dB 的 C/I 来满足对于 99.99% 时间的 1Mbps 的最小瞬时比特速率。使用 1 小区复用（即每个小区复用相同的信道），不能到达所要求的性能的概率（即中断概率）大约是 12%。类似的，3、4 和 7 小区复用分别对应于 5.4%、3.4% 和 1.1% 的中断概率。从而，为了为 99% 的用户实现 99.99% 时间的 10dB C/I，在该例子中要求至少 7 小区复用。

可以使用若干调制方案，在传送之前调制数据。这样的调制方案包括 M 进制相移键控（M-PSK）、M 进制正交幅度调制（M-QAM）以及其它。表 1 的第 2 列中给出了若干带宽有效调制方案的频谱效率，把它量化成每赫兹每秒传送的比特数（bps/Hz）。在表 1 的第 3 列中给出了实现某一特定比特差错率（如 1% 的 BER）而要求的 C/I。

表 1

调制方案	调制效率 (bps/Hz)	对于 1%BER 所要求的 C/I (以 dB 表示)
BPSK	1	4.3

QPSK	2	7.3
8-PSK	3	12.6
16-QAM	4	14.3
32-QAM	5	16.8
64-QAM	6	20.5

使用图 2 中可达到的  $C/I$  的累积分布函数和表 1 中作为  $C/I$  的函数的可达到的调制效率，可以把每个复用方案的平均信道效率  $E_{CH}$  确定为调制效率的加权和，由达到所要求的  $C/I$  的概率确定加权。例如，如果只要可能，系统使用 BPSK 至 64-QAM，，可以如下计算平均信道效率：

$$\begin{aligned}
 E_{CH} = & 1 \cdot P(4.3 < C/I < 7.3) \\
 & + 2 \cdot P(7.3 < C/I < 12.6) \\
 & + 3 \cdot P(12.6 < C/I < 14.3) \\
 & + 4 \cdot P(14.3 < C/I < 16.8) \\
 & + 5 \cdot P(16.8 < C/I < 20.3) \\
 & + 6 \cdot P(20.5 < C/I)
 \end{aligned}$$

表 2 的第 2 列给出了各种复用模式（如 1 小区、3 小区、5 小区和 7 小区）的平均信道效率。表 2 的第 3 列还给出了平均频谱（即全部）效率，并且通过用复用因子除平均信道效率来计算。从表 2 中，可观察到当复用增加时，平均信道效率增加。然而，这种随着递增的复用的信道效率中的增加比从仅允许一小部分终端同时使用每个信道而产生的全部频谱效率中的损耗造成的偏差大。从而，全部频谱效率随递增的复用而降低。

表 2

小区复用	平均每信道效率 (bps/信道)	平均频谱效率 (bps/Hz/小区)
1	4.4	4.4
3	5.18	1.73
4	5.4	1.35
7	5.75	0.82

### 自适应复用方案

本发明提供自适应复用方案，允许在可能实现更高效率和满足系统要求的时候和情况中，以更有效的方式共享可用的系统资源（即频谱）。根据本发明的自适应复用方案，定义复用计划，并且最初向每个小区分配全部可用系统资源的一小部分。所述分配可以是这样的，即如果希望或需要的话，每个小区可同时利用所述全部可用资源的一大部分。如下所述，最初的分配可类似于固定的复用方案，并可包括例如可用信道子集、一组信道和它们的峰值容许的发射功率电平或一些下述的其它分配。

在低系统负载时，每个小区使用分配的资源向用户传送。当负载增加或者系统特性改变时，可以重新分配系统资源，以更好地匹配系统条件。在一些自适应复用方案中，资源受限的小区可以能够使用已分配给其它小区的资源向它们的小区中的一些用户传送。还可以按需（如为了向处于不利条件的用户提供要求的 C/I）而临时地重新分配、挂起或缩减某一小区的已分配的资源的全部或一部分。

从而，本发明提供了动态地和/或自适应地向小区分配资源，以及为小区动态地和/或自适应地向用户分配资源的技术，以满足系统要求和实现高效率。重配置和重分配资源的能力使本发明的系统能够实现使用常规不可调节的固定的复用方案的系统所不能符合的效率和性能级别。下面进一步详细描述了本发明的各种方面、实施例和实现。

本发明可适用于经受干扰的任何通信系统。例如，本发明可适用于无线（如蜂窝网）通信系统、卫星通信系统、无线电通信系统以及其它系统，在其中复用可改进性能。尤其是可有利地使用本发明来提高固定终端的、设计成适应高数据速率服务的多址通信系统的频谱效率。

本发明承认在通信系统中仅一小部分用户典型地处于不利地位，并采用这种观察来提高平均复用并从而获得高效率。在典型的通信系统中，系统中的大百分比的用户遵守等于或超过希望的性能级别所要求的设定值的 C/I。（所述设定值是实现所希望的性能级别（如以 1%BER 或 0.01%中断概率的平均数据速率，或一些其它准则）而要求的某一特定 C/I）。对于这些用户，可使用单一复用模式来达到高效率。对于 C/I 低于设定值的该部分用户，可用某些

其它复用方案和/或某些其它技术来提供所要求的性能。根据本发明的一方面，根据诸如例如所遵守的负载条件、系统要求以及其它之类的若干因素，可动态地和/或自适应地调整复用方案。

图3是一般描述本发明的通信系统的各种方面的流程图。一开始，在步骤310处，以下面要进一步详细描述的方式定义复用方案。该复用方案涵盖了诸如某一复用模式、某一复用小区布局、对小区资源分配、工作参数等之类的各方面。该复用方案为系统的操作提供框架。然后在步骤320处，系统以正常方式工作，并根据所定义的复用方案向用户传送。在步骤330出，在正常操作过程期间，估计系统性能。如下所述，可估计各种参数和性能度量。

然后在步骤340出，作出系统性能是否可接受的判定。如果系统性能不可接受，则处理返回到步骤310并且重新定义复用方案。重定义的复用方案可包括对各种工作参数的改变，并可进一步包括对另一复用模式和/或复用小区布局的选择。例如，如果遇到过多的干扰，可增加复用模式（如从3小区增加到7小区）。否则，如果系统性能是可接受的，系统返回到步骤320并继续向用户传送。当系统操作时，步骤310至340形成进行的处理。

图4是本发明的自适应复用方案的详细实现的流程图。在实施例中，在系统的正常操作的同时，进行复用方案对改变系统条件的推导和适应。从而，图4中的一些步骤对应于图3中的类似步骤。

一开始，在步骤410处，用一个或多个参数并使用从系统收集的信息来表征通信系统。可把这样的信息存储于系统数据库430中。例如，如下所述，可以确定每个小区中用户所经受的干扰，并且可发展干扰表征。可以每小区为基础进行所述干扰表征，并且它典型地涉及为每个小区中的所有用户定性描述平均干扰电平。例如，用于干扰表征的信息可包括小区的C/I CDF、由每个小区服务的每个用户的干扰约束矩阵以及其它。每个干扰约束矩阵描述由来自其它小区的用户遵守的，某一阈值电平之上的干扰功率电平。如下所述，还可以收集和分析小区在可用信道上发送的概率。可周期地更新用于表征的信息，以说明新的小区 and 用户，以及反映出系统中的变化。

然后，在步骤412处，使用发展出的系统表征以及其它系统约束和考虑，

定义复用计划。该复用计划典型地包括定义复用群的大小  $N_r$  (即复用数) 以及用已定复用群的初始小区复用布局。例如, 所述复用群可对应于 1 小区、3 小区、7 小区或 19 小区复用模式。根据步骤 410 中所发展的数据可实现对复用群的选择和对复用布局的设计。

然后, 在步骤 414 处, 定义额外的系统参数和/或操作上的条件。如下所述, 这一般包括将全部可用系统资源分成信道, 所述信道对应于时间单元、频段或其它单元。所使用的信道的个数可基于步骤 412 中所定义的复用计划。然后把可用的信道关联成组, 并且向每个小区分配各自的信道组。所述组可包括重叠信道 (即某一信道可包含于不止一个组中)。下面进一步详细描述了资源划分和分配。

还典型地定义的其它参数包括, 例如调度间隔、系统中的小区的操作设定值、与所分配的信道组相关联的补偿因子、补偿因子范围、对补偿因子的调整的步长以及其它。补偿因子为所述信道确定峰值发射功率电平中的减少。下面所进一步详细描述的参数和条件与小区在正常操作期间所要遵循的一组操作规则类似。

然后, 在步骤 416 处, 对已定的复用计划估计系统的性能。例如, 这样的估计可包括确定系统中的用户所经受的有效链路容限、中断概率、吞吐量以及其它性能测量。例如, 可计算每个小区中的每条信道中的用户的有效链路容限。根据所计算的链路容限, 可以导出系统的平均吞吐量的估计以及用户的个别性能。

一旦估计了系统性能, 在步骤 418 处, 作出对已定的复用计划的有效性 (即性能) 的判定。如果系统性能不符合一组系统要求, 处理则返回到步骤 412, 并重定义复用计划。重复地进行步骤 412 至步骤 418, 直到实现系统目标。

如果系统性能符合系统要求, 然后, 在步骤 420 处作出系统是否改变的判定。如果没有变化, 则处理终止。否则, 在步骤 424 处更新系统数据库 430, 在步骤 410 处进行系统表征。然后, 在步骤 410 处, 重新表征系统, 来反映出系统中的变化。下面进一步详细描述了图 4 中的步骤。

可周期性地或无论何时检测到系统变化时, 进行图 4 中所示的处理。例

如，当系统增长或改变，例如当添加新的小区和用户以及当除去或修改现存的小区和用户时，可进行所述处理。例如，该处理允许系统适应用户分布、拓扑以及地形中的变化。

本发明涵盖了许多方面，包括（1）复用方案的设计和自适应，（2）对小区进行的资源（即信道）的分配，（3）为用户调度传送，（4）小区对用户进行的已分配的信道的指定，（5）要用于信道分配的参数，以及其它。下面进一步详细描述了这些方面的每一个。

### 信道结构

根据本发明，使用若干不同的多路复用方案可实现小区和用户之间的资源共享，所述不同的方案包括时分复用（TDM）、频分复用（FDM）、码分多址（CDMA）以及随机访问技术。还可以使用其它多路复用方案及它们的组合，并且它们处于本发明的范围之内。使用经选择的多路复用方案把可用系统资源划分成部分。

对于基于 TDM 的方案，把传送时间划分成时间单元（如时隙、帧或一些其它单元），向每个小区分配若干时隙。对于每个时间单元，可通过分配有该时间单元的小区把系统的全部工作带宽分配给一个或多个用户。对于基于 FDM 的方案，可以把全部工作带宽分成若干频带（或子频带），向每个小区分配若干频带。小区可（连续地）使用分配的频带向用户传送。对于基于 CDMA 的方案，可按需向用户分配编码。对于所有多路复用方案，以实现高效率的方式来分配可用资源。

图 5 是使用本发明的自适应复用方案的一些实施例的 3 小区系统的图。为了简单起见，下面以 3 小区系统的环境来描述本发明的一些方面和实施例。然而，本发明的具体细节意味着是说明性的而不是限制性的。将要认识到可以制造本发明的各择实现以及这里描述的方面和实施例的修改和变型，并且这些修改和变型都处于本发明的范围之内。

图 6 是图 5 中所示的 3 小区系统的资源划分和分配的实施例的图。在实施例中，把系统资源分成 12 个部分。可以在时域或频域或它们的组合中实现所述分割。从而，根据使用的是 TDM 还是 FDM，水平轴可表示时间或频率。例

如，对于基于 TDM 的方案，所述 12 个部分可表示 12 个时分复用的时隙，而对于基于 FDM 的方案，则表示 12 个频带。这里还把每个部分称为“信道”。

对于 3 小区系统，随后把经划分的系统资源关联成 3 组信道，最初向每个小区分配所述信道组之一。根据使用的某一复用方案，每个信道组包括全部 12 个可用信道中的一些。例如，在图 6 所示的实施例中，向小区 1 分配信道 1 至 4，向小区 2 分配信道 5 至 8，向小区 3 分配信道 9 至 12。在一些实施例中，可对每个小区分配各自的信道组，该信道组包括分配给其它小区的一条或多条信道。在这些实施例中，可以向每个小区指定一组补偿因子，确定小区可在所述信道的每一条上传送的最大功率。对于所有实施例，经分配的信道还可根据（例如）操作条件（如系统负载）而动态地和/或自适应地变化。

在低负载时，小区的每一个将用户分配给“较佳”分配的信道。对于图 6 所示的信道分配，把小区 1 中的用户分配给信道 1 至 4，把小区 2 中的用户分配给信道 5 至 8，以及把小区 3 中的用户分配给信道 9 至 12。当每个小区中的负载是 4 个用户或更少时，就没有来自相邻小区的同信道干扰，并且每个用户应当能够达到其设定值。当在任一小区中的负载超过 4 个用户时，那么该小区可将额外的用户分配给可能与其它小区的信道不“正交”的信道。由于在每个小区中负载一般独立变化，所分配的非正交信道不会被任何相邻小区所占用，这是可能的。这种情况的概率（即“非冲突”概率）是每个邻近小区中的负载的函数。

根据本发明的某些实施例，可以以某种形式的“保护”来提供小区中的可用信道的子集。例如，可通过以周期性的方式保留一组信道用于小区专用来达到保护。还可以把独占性定义成仅当要求时才可行，以及仅对满足处于不利地位的活动用户而要求的程度可行。可通过各种手段对相邻小区标识受保护的信道。例如，小区可向其邻近的小区通知受保护的信道列表。然后相邻的小区临时地以某一数量减少所述受保护的信道上的发射功率或停止在受保护的信道上的传送。可使用信道保护来服务那些由于来自邻近小区的过度干扰而不能达到所希望的 C/I 的处于不利地位的用户。对于这些情况，一旦满足了处于不利地位的用户的要求，就可除去所述信道保护。

根据本发明的某些实施例，如果信道条件恶化到不可接受的级别（例如

如果 FER 在某一百分比之上，或者中断概率超过某一阈值），则小区可在某些信道上将“阻塞”（即无传送）强加于自身上。每个小区可测量信道的性能，并且可在性能差的信道上自我强加阻塞，直到存在合理的确定事实为止，即已改进了信道条件以及实现了可靠通信。

例如，可根据小区的条件动态地和/或自适应地进行信道保护和阻塞。

### 功率补偿因子

根据本发明的一方面，可以以已定的方式约束（即补偿）来自小区的发射功率，以提高性能和效率。对于某一小区，可能的是一些用户比其它用户更免受其它小区的干扰。通过强加补偿结构，该结构利用这个事实，可实现系统吞吐量和性能中的提高。

可以在一条或多条经选择信道中、在一个或多个经选择的时隙处、或由一个或多个经选择的小区或它们的组合施加功率补偿。还可以额外地或选择地将功率补偿施加到小区中的经选择的用户。通过以某一来自最大发射功率电平补偿操作小区，或通过限制发射功率到特定功率范围，或通过完全关断小区的发射功率，可实现所述补偿。在实施例，根据小区的操作条件，每个小区施加补偿，使得提供了所希望的性能，而限制对其它小区中的用户的干扰。

可根据若干参数来设计功率补偿方案。例如，可以把功率补偿方案设计成考虑用户的优先级、负载条件、所要求的性能等。还可以把所述功率补偿方案调节成说明任何参数中的变化。

在详细实施例中，根据小区中的用户的全部集合的 C/I 的分布来选择所述功率补偿。（例如，可根据用户的使用分布等，施加这些用户的非均匀加权。可以使该加权是自适应的和/或动态的，例如随时间变化的）。一开始，可根据例如小区发送的导频，由用户测量 C/I。因此，如下所述，用户还可测量来自小区的干扰电平（I），稍后可使用该干扰电平来控制引起过度干扰的小区的发射功率。把来自主或本地小区的测量的接收信号电平（即 C）加上从其它小区的接收信号电平报告给所述主小区，该小区随后收集并表征小区的有效 C/I CDF。另外，可以向主小区提供 C/I 表征。



可以作出若干假设，来简化 C/I 表征。例如，可以把干扰小区假设成以满功率操作。C/I 分布提供了，当所有小区以满功率传送时，对小区中具有 C/I 高于某一特定 C/I 值的用户的百分比的指示。

图 7 是对于所有小区以满功率发射的 1 小区复用模式所达到的 C/I 的累积分布函数 (CDF) 的例子。使用图 7 中所示的 C/I 分布，可以将用户的总数分割成组，每个组对应于经受类似的其它小区干扰（即具有在某些值范围内的 C/I）的用户。作为例子，可以把图 7 中所示的 CDF 划分成  $N_c = N_r \cdot N_s$  个组，其中  $N_r$  是在复用群中小区的数量，以及  $N_s$  是所述群中的每小区所分配的正交信道的个数。对于下面的例子， $N_r=4$  以及  $N_s=3$ ，给出  $N_c=12$ 。虽然也可定义不相等大小组的划分，但是在下面的例子中，选择所述组为相等大小（即在每个组中包含相同百分数的用户）。

表 3 标识了  $N_c=12$  个用户组，并且为 12 个用户组中的每一个中的用户把最小 C/I 列表。由于有 12 个用户组，并且每个组是相等大小，每个组包括小区中的大约 8.3% 的用户。第 1 组包括具有 10dB 或更少的 C/I 的用户，第 2 组包括具有从 10dB 到 13dB 范围的 C/I 的用户，第 3 组包括具有从 13dB 到 15dB 范围的 C/I 的用户，第 4 组包括具有从 15dB 到 17dB 范围的 C/I 的用户，等等，并且最后一组包括具有大于 34.5dB 的 C/I 的用户。

表 3

用户组	范围内的最小 C/I (dB)	$s(n)$ (dB)	$\beta(n)$
1	<10	<-5	1.000
2	10	-5	1.000
3	13	-2	1.000
4	15	0	1.000
5	17	2	0.6310
6	18.5	3.5	0.4467
7	20.5	5.5	0.2818
8	22	7	0.1995
9	24	9	0.1259

10	26	11	0.0794
11	29.5	14.5	0.0355
12	>34.5	>19.5	0.0112

从图 7 和表 3 中，，可看出小区中的用户具有不同的 C/I 特性。这些用户可以能够实现不同的性能级别，或者对于某一性能级别而要求不同的不同的发射功率电平。

作为例子，可要求小区支持某一设定值  $\gamma$ （即最小要求的 C/I），以便以具有可接受的差错率的所希望的数据速率操作。在典型的系统中，所述设定值  $\gamma$  是由用户选择的瞬时数据速率的函数，并可从而在用户和用户之间变化。在简单的例子中，假设小区中的所有用户要求 15dB 的设定值  $\gamma$ 。然后可以如下计算对于每组用户的最小链路容限  $s(n)$ ：

$$s(n) = \min\{C/I(n)\} - \gamma; \quad n = 1, 2, \dots, N_c. \quad \text{方程 (1)}$$

对于每组用户，所述最小链路容限  $s(n)$  是该组中的用户的最小 C/I 与设定值  $\gamma$  之间的差。根据来自所有小区的满发射功率的假设，所述最小链路容限  $s(n)$  表示从所要求的发射功率至设定值的偏移。正的链路容限指示出 C/I 大于由设定值  $\gamma$  所定义的所希望的性能级别所需的 C/I。从而，对于这些用户，可以容限的量降低（即补偿）发射功率，而仍然提供希望的性能级别。

如果把最大发射功率电平归一化为 1.0，可如下表示每组用户的归一化补偿因子：

$$\beta(n) = \min(1, 10^{-0.1s(n)}); \quad n = 1, 2, \dots, N_c. \quad \text{方程 (2)}$$

与某一用户组相关联的补偿因子表示可施加到该组用户的发射功率中的降低，而仍然保持所希望的设定值  $\gamma$ ，从而保持所希望的性能级别。功率中的补偿是可能的，因为这些用户享有较佳的 C/I。通过由补偿因子降低对活动用户的发射功率，可以减少对其它小区中的用户的干扰，而不影响活动用户的性能。

表 3 列出了对于 15dB 的设定值  $\gamma$ ，每组用户的最小链路容限  $s(n)$  和补偿因子。如表 3 中所示，信道 1 至 4 具有 0dB 或更少的链路容限，而信道 5 至 12 具有渐进地较佳链路容限。因此，以满功率操作信道 1 至 4，而以渐进减少的功率操作信道 5 至 12。可以把补偿因子强加于对相关用户组中的用户的传送。

例如，由于组 5 中的用户具有 17dB 或较佳的 C/I，以及 2dB 的最小链路容限  $s(n)$ ，可以将对这些用户的发射功率补偿到 0.6310。

对于具有在设定值  $\gamma$  之下的 C/I 的用户，可以应用若干选项。可以把对这些用户的传送的数据速率降至可被 C/I 支持的数据速率。另外，可以请求引起低 C/I 的干扰（暂时）降低它们的发射功率或停止在受影响的信道中发送，直到令人满意地服务了所述低 C/I 用户为止。

在实施例中，一旦在一复用模式中为一小区确定了补偿因子，该复用模式中的其它小区的补偿因子就可以是交错的。例如，对于以 12 条信道工作并使用  $N_c=4$  的信道偏移的  $N_s=3$ （即 3 小区）复用模式，可以用 4 以  $N_c$  为模来偏移小区 2 的补偿因子，而用 8 以  $N_c$  为模来偏移小区 3 的补偿因子。对于该复用模式，小区 1 应用与信道组 1（它包括表 3 中所示的信道及其补偿因子）相关联的补偿因子，小区 2 应用与信道组 2（它包括表 3 中所示的信道和补偿因子，但下移 4 条信道并且绕回）相关联的补偿因子，小区 3 应用于信道组 3（它包括表 3 中所示的信道和补偿因子，但下移 8 条信道并且绕回）相关联的补偿因子。在该例子中，使用 4 信道偏移，但也可以使用其它偏移。

表 4 列表示出使用图 3 所示的补偿因子以及 4 信道偏移的小区 1 至 3 的补偿因子。例如，对于信道 1，小区 1 应用与组 1 的信道 1 相关联的补偿因子，小区 2 应用与组 1 的信道 9 相关联的补偿因子，而小区 3 应用与组 1 的信道 5 相关联的补偿因子。

表 4

信道 n	$\beta_1(n)$	$\beta_2(n)$	$\beta_3(n)$
1	1.0000	0.1259	0.6310
2	1.0000	0.0794	0.4467
3	1.0000	0.0355	0.2818
4	1.0000	0.0112	0.1995
5	0.6310	1.0000	0.1259
6	0.4467	1.0000	0.0794
7	0.2818	1.0000	0.0355
8	0.1995	1.0000	0.0112

9	0.1259	0.6310	1.0000
10	0.0794	0.4467	1.0000
11	0.0355	0.2818	1.0000
12	0.0112	0.1995	1.0000

根据图 7 中的 C/I CDF 而导出表 4 中所示的补偿因子, 假设系统中的其它小区以满功率发射而产生所述 C/I CDF。然而, 当连同表 4 中所示的交错信道复用方案一起, 施加所述补偿因子时, 由于通过施加补偿因子而减少了来自其它小区的干扰, 小区中用户所遵守的实际 C/I 值可能比表 3 的第 2 列中所提供的最小 C/I 值大。

表 5 示出了使用 3 小区复用模式、交错信道偏移、功率补偿并假设观测到来自小区 2 和 3 的相等的接受功率而实现的 C/I 中的改进。第 1 列给出了信道索引 1 至 12。第 2 列提供了当其它小区以满功率操作时, 与 12 条信道相关联的最小 C/I。以把组 1 中的用户指定给信道 1, 把组 2 中的用户指定给信道 2, 等等, 以及把组 12 中的用户指定给信道 12 来计算第 2 列。

第 3 列给出了具有第 2 列中的最小 C/I 的 12 条信道的最小链路容限  $s(n)$ 。假设设定值  $\gamma=15\text{dB}$  而给出  $s(n)$  的值。第 4、5 和 6 列分别给出小区 1、2 和 3 的补偿因子, 并且根据第 3 列所提供的链路容限来计算。第 7 列给出了由于对于经受来自小区 2 和 3 相等的功率电平的用户而使用 3 小区复用模式和第 4 列至第 6 列中所示的补偿因子而产生的链路容限  $s(n)$  中的有效增加。在该例子中, 可以如下表示有效容限  $\hat{s}_n$ :

$$\begin{aligned}\hat{s}(n) &= 10 \cdot \log_{10} [(I_2 + I_3) / (I_2 \cdot \beta_2(n) + I_3 \cdot \beta_3(n))] \\ &= 10 \cdot \log_{10} [2 / (\beta_2(n) + \beta_3(n))] \quad I_2 = I_3\end{aligned}$$

表 5 中的最后一列给出了对于指定给信道 1 至 12 的用户的有效 C/I, 并可如下表示:

$$C/I_{\text{eff}}(n) = \gamma + \min(0, s(n)) + \hat{s}(n)。$$

表 5

信道 n	$C/I_{\min}(n)$ (dB)	$s(n)$ (dB)	$\beta_1(n)$	$\beta_2(n)$	$\beta_3(n)$	$\hat{s}(n)$ (dB)	$C/I_{\text{eff}}(n)$ (dB)
1	<10	<-5	1.0000	0.1259	0.6310	4.2202	<14.2202
2	10	-5	1.0000	0.0794	0.4467	5.7995	15.7995
3	13	-2	1.0000	0.0355	0.2818	7.9953	20.9953
4	15	0	1.0000	0.0112	0.1995	9.7727	24.7727
5	17	2	0.6310	1.0000	0.1259	2.4953	17.4953
6	18.5	3.5	0.4467	1.0000	0.0794	2.6783	17.6783
7	20.5	5.5	0.2818	1.0000	0.0355	2.8589	17.8589
8	22	7	0.1995	1.0000	0.0112	2.9618	17.9618
9	24	9	0.1259	0.6310	1.0000	0.8859	15.8859
10	26	11	0.0794	0.4467	1.0000	1.4066	16.4066
11	29.5	14.5	0.0355	0.2818	1.0000	1.9320	16.9320
12	>34.5	>19.5	0.0112	0.1995	1.0000	2.2202	>17.2202

如表 5 所示, 由于以降低的发射功率来操作其它小区, 对于指定给信道 1 至 12 的用户, 有效 C/I 增加。没有功率补偿, 指定给信道 1 至 3 的用户不能达到 15dB 的设定值。用功率补偿, 除了指定给信道 1 的用户之外, 所有的用户都能够达到 15dB 设定值。

实际系统典型地不适合上述的理想化系统模型。例如, 用户的非均匀分布、不均匀的小区站布置、变化的地形和形态等等, 所有这些都对每个小区所观测到的干扰电平中的变化起作用。从而为每个小区所导出的补偿因子将可能不同, 并且对复用群中的小区的补偿因子将不是如表 4 所示的彼此的按模偏移版本。下面说明了不同 C/I CDF 对补偿因子的影响。

图 8 是使用 3 小区自适应复用方案的 21 小区系统的图。在该例子中, 12 条信道可用于通信, 并且  $N_s=4$ 、 $N_r=3$  以及  $N_c=12$ 。对于具有类似系统特性的理想化系统, 可以按  $N_s \cdot \text{mod}(m, N_r=3)$  来选择指定给系统中的每个小区的信道偏移, 使得:

- 向具有  $\text{mod}(m, 3)=0$  的索引的小区指定信道偏移 0,

- 向具有  $\text{mod}(m, 3)=1$  的索引的小区指定信道偏移 4, 以及
- 向具有  $\text{mod}(m, 3)=2$  的索引的小区指定信道偏移 8。

其中  $m$  是小区号 (在 21 小区系统中  $m=0, 1, 2, \dots, 20$ )。用该偏移方案, 向图 8 中的小区 0, 3, 6, ... 以及 18 指定信道偏移 0, 向小区 1, 4, 7, ... 以及 19 指定信道偏移 4, 以及向小区 2, 5, 8, ... 以及 20 指定信道偏移 8。

在理想化系统中, 如果在覆盖范围内均匀分布用户, 并且系统的所有小区中的传播是相同的, 则对于系统中的小区的每一个, C/I CDF 是相同的 (假设无限数量的小区, 使得边缘的小区具有相同的 C/I CDF)。实际上, 不能满足这些条件, 并且对于小区的每一个, C/I CDF 可能不同。例如, 图 8 中所示的系统的小区 0 所观测到的干扰电平可能不同于小区 7 中所观测到的干扰电平。一般来说, 由于对于小区, C/I CDF 可能不同, 可以预计对于每个小区, 补偿因子  $\beta_m(n)$  是不同的。

可以使用例子来说明由于对于每个小区的不同补偿因子  $\beta_m(n)$  而造成的对复用计划的设计的影响。在该例子中, 假设小区 1 具有图 7 中所示的 C/I CDF, 假设小区 2 具有相同的 CDF, 但向右偏移 3dB (即分布的中值从 20.5dB 移到 23.5dB), 假设小区 3 具有相同的 CDF, 但向左偏移 3dB (即具有 17.5dB 的中值)。实际上, 所述 CDF 可能不是彼此的偏移版本, 而在这里使用简化的例子来帮助说明不同  $\beta_m(n)$  对系统设计的影响。

表 6 根据 (1) 将每个小区中的用户划分成 12 个相等大小的组的划分, (2) 对所有小区以满功率发射的假设, 以及 (3) 公共的设定值  $\gamma=15\text{dB}$ , 而列出了 3 小区群中分别对于小区 1、2 和 3 的最小链路容限  $s_1(n)$ 、 $s_2(n)$ 、 $s_3(n)$ 。

对 3 小区群中的所有 3 个小区使用公共设定值, 以及假设具有相同索引  $\text{mod}(m, 3)$  的所有小区具有相同的 C/I CDF, 可以根据所述公共设定值来计算对每个小区的补偿因子。分别对最小链路容限  $s_1(n)$ 、 $s_2(n)$  以及  $s_3(n)$  使用方程 (2) 来分别为小区 1、2 和 3 计算补偿因子  $\beta_1(n)$ 、 $\beta_2(n)$  以及  $\beta_3(n)$ 。例如, 使用第 3 列所示的最小链路容限  $s_2(n)$  并将结果偏移 4 条信道以 12 为模, 来对小区 2 计算补偿因子  $\beta_2(n)$ 。类似地, 使用使用第 4 列所示的最小链路容限  $s_3(n)$  并将结果偏移 8 条信道以 12 为模, 来对小区 3 计算补偿因子  $\beta_3(n)$ 。如表 6 所示, 补偿因子  $\beta_1(n)$ 、 $\beta_2(n)$  以及  $\beta_3(n)$  不再是彼此的偏移版本。这意味着在小区的每一

个中，信道的有效链路容限将不同。

表 6

信道 n	$s_1(n)$	$s_2(n)$	$s_3(n)$	$\beta_1(n)$	$\beta_2(n)$	$\beta_3(n)$
1	<-5	<-2	<-8	1.000	0.063	1.000
2	-5	-2	-8	1.000	0.040	0.891
3	-2	1	-5	1.000	0.018	0.562
4	0	3	-3	1.000	0.006	0.398
5	2	5	-1	0.631	1.000	0.251
6	3.5	6.5	0.5	0.447	1.000	0.158
7	5.5	8.5	2.5	0.282	0.794	0.071
8	7	10	4	0.200	0.501	0.022
9	9	12	6	0.126	0.316	1.000
10	11	14	8	0.079	0.224	1.000
11	14.5	17.5	11.5	0.035	0.141	1.000
12	19.5	22.5	16.5	0.011	0.100	1.000

表 7 对于小区以表 6 中所列的补偿因子  $\beta_1(n)$ 、 $\beta_2(n)$  以及  $\beta_3(n)$  操作，并假设从每个小区相等的接收功率（即  $I_1 = I_2 = I_3$ ），而列出分别对小区 1、2 和 3 的有效链路容限  $\hat{s}_1(n)$ 、 $\hat{s}_2(n)$  以及  $\hat{s}_3(n)$ 。虽然当所有小区以满功率发射时，最初计算补偿因子计算以提供 0dB 的链路容限，但是当小区使用补偿因子发射时，表 7 中所示的有效链路容限从 0dB 变化到超过 12dB。

表 7

信道 n	$\hat{s}_1(n)$	$\hat{s}_2(n)$	$\hat{s}_3(n)$
1	2.74	3.55	6.55
2	3.32	5.19	8.19
3	5.38	7.54	10.54
4	6.95	9.55	12.55
5	2.04	2.50	2.74
6	2.37	2.68	2.84
7	3.64	2.86	2.93

8	5.82	2.96	2.99
9	1.82	0.00	0.89
10	2.13	0.24	1.41
11	2.44	1.07	2.69
12	2.60	1.55	4.55

如表 7 中所示，通过对具有不同 C/I CDF 的小区使用公共设定值，所述群中的每个小区中的有效吞吐量是不同的，因为有效链路容限是不同的。例如，在强加功率补偿之前，小区 3 中的用户比其它小区中的用户更为不利，由于它们总体的 C/I 是最低的。相反，在强加补偿结构之前，小区 2 中的用户具有最大的总体 C/I。然而，一旦施加了补偿因子，情况就颠倒了，小区 3 中的用户就具有最高有效链路容限，而小区 2 中的用户具有最低有效链路容限。这是因为小区 3 中的补偿因子大于（即较少的功率减少）小区 1 和 2 中所使用的补偿因子，从而相对于其它小区而增加了小区 3 中的信道中的有效容限。

通过在所述群中的每个小区中使用不同的设定值，可以校正所述群中的小区之间的有效链路容限中的不平衡。例如，通过在小区 2 中使用 18dB 的设定值，而在小区 3 中使用 12dB 的设定值，在该具体例子中可以使小区的每一个中的补偿因子相同（即由于以  $\pm 3\text{dB}$  偏移它们的 C/I CDF）。还可以把这种观点扩展到小区中的个别信道。

还可通过迭代地计算补偿因子来减少表 7 中所示的有效链路容限中的不平衡。例如，对于表 7 中所列出的有效链路容限可计算另一组补偿因子。可以把该第 2 组补偿因子与表 6 中所示的第 1 组补偿因子结合（即相乘），以提供要施加的“有效的”一组补偿因子。具有较高有效链路容限的小区 and 信道经相应地使它们的发射功率降低。所述迭代处理可继续进行，直到小区的有效链路容限不再随迭代而可观变化为止，或直到满足了一些已定的条件为止。

小区的表征和小区中的性能的标准化一般比上述的要复杂（即 C/I CDF 可能不是如上述例子假设的那样是彼此的偏移版本）。此外，每个小区的用户一般经受来自其它小区不同的干扰电平。从而，要求更多的计算，以贯穿



系统的小区将有效容限标准化到某一阈值电平之内。如果希望的话，可以对小区和/或信道使用不同的设定值，以实现标准化的性能级别。还可以改变设定值，以实现不一致的系统性能。

### 对默认补偿因子的调整

在使用功率补偿的实施例，计算功率补偿因子，并将它们提供给系统的小区。其后，每个小区将补偿因子施加到用于传送的信道。

根据本发明的一方面，例如可以根据系统负载、用户优先级、用户需求、性能要求等之中的变化来动态地和/或自适应地调整（即修改）最初指定的（即默认的）补偿因子。可以使用许多方案来调整所述补偿因子，下面描述了所述方案的一些。

在补偿调整方案的一个实施例中，在处于不利地位的用户正在活动地通信的时间周期期间，减少冒犯的的小区补偿因子。如上所述，在许多情况下，由于来自有限数量的小区的过度干扰，处于不利地位的用户不能达到希望的设定值。

如果即使当把处于不利地位的用户指定给最佳可用的信道时，该用户也不能达到希望的设定值，把这种情况称为“软阻塞”，则该复用模式中引起干扰的其它小区可使其发射功率暂时减少，使得处于不利地位的用户将能够达到所希望的设定值。作为例子，如果小区 1 中的处于不利地位的用户的主干扰源是小区 2，可以允许所述处于不利地位的用户以所希望的设定值操作而必须的量（如额外的 3dB，从  $\beta(n)=x$  降至  $\beta(n)=0.5x$ ）来补偿小区 2 的发射功率。

在上面的例子中，如果把补偿因子施加到小区 2，那么小区 2 中的用户可能不再能满足所述设定值，可能引起其它小区的补偿因子中的进一步减少。因此，除了对补偿因子之外，可以对用于冒犯的的小区的特定信道中的设定值作出调整。此外，也可以局部地作出这些调整，使得将小区 1 和小区 2 的设定值减少到有效地使它们的总体吞吐量最大化，而仍然满足两个小区中的用户的中断标准的值。

在补偿调整方案的另一实施例中，可以暂时阻止冒犯的小区使用某一信

道,使得可服务处于不利地位的用户。对于受影响的信道,把冒犯的小区的补偿因子 $\beta(n)$ 设置到0.0。

在某一通信系统中,对于某一用户,主干扰可以是来自另一复用群中的小区的同信道干扰。例如,参考图8,对于一个3小区群中的小区0中的用户,主干扰源可以是另一3小区群中的小区3,可能已向该小区指定了与小区0相同的补偿因子。为了减少同信道干扰,可以从小区0的补偿因子中为小区3修改补偿因子。例如,可以以一条或多条信道偏移对小区3偏移补偿因子,或者可以使小区3的一个或多个补偿因子不同于小区0的补偿因子,或者可以作出一些其它修改。

在补偿调整方案的变型中,可以保留一条或多条信道用于由复用模式中的每个小区所专用。然后阻止(即阻塞)了该复用模式中的其它小区在这些信道上传送。保留的信道的数量可以基于负载或系统要求,并且当操作条件变化时可动态地和/或自适应地调整。还可以向小区分配不同数量的保留信道,这也取决于系统设计和条件。

可以以各种方式获得请求量的功率补偿。在一些实现中,每个小区知道允许处于不利地位的用户以所希望的设定值操作而必须的补偿因子。可以预计并保存补偿因子,或者可从先前的传送中确定补偿因子。当处于不利地位的用户变成活动时,该小区知道该用户所需的补偿因子,并将它传播到冒犯的小区。

对于那些希望调整(如减少或阻塞)冒犯的小区的发射功率的实施例,请求补偿调整的小区可以向冒犯的小区传送对补偿因子的所希望的调整,以满足处于不利地位的用户的要求。还可以把调整发送到系统中的其它小区,随后可使用该信息来改进这些小区的性能。根据已定的补偿调整方案,冒犯的小区将随后应用请求的补偿因子。例如,这样的调整方案可定义施加调整的时间和持续时间。如果冒犯的小区接受来自若干其它小区的补偿请求,则所述冒犯的小区典型地应用它从请求小区中接受到的最大的补偿因子。

可以把对于暂时减少或阻塞其它小区的发射功率的请求(或指示)传播给冒犯的小区,使得可以实现对处于不利地位的用户传送。可以按需、或以有序的方式(如每个一些帧)或通过一些其它方法来动态地向冒犯的小区

传播请求。例如，每个小区可向其邻近小区在每个发送帧的起始处发送一列这样的请求，期待在下一发送帧处这些请求得到应用。可考虑用于向其它小区传播请求的其它方法，并且这些方法是处于本发明的范围之内。

可使用许多方法来实现补偿调整。在一种方法中，以动态的方式向邻近小区发送补偿因子，并在此后不久（即下一帧）就施加这些补偿因子。在另一种方法中，在受影响的小区所知的预定的时间施加补偿因子。

还可使用许多方法将补偿因子恢复到其指定（即默认）值。在一种方法中，可以通过向冒犯的小区发送“恢复”命令，而恢复原始的补偿因子。在另一种方法中，通过渐进地递增补偿因子而将其逐渐地恢复到其原始值。

在补偿调整的又一方法中，每个小区保持用于调整每条信道中的补偿因子的已知步长。每个小区保持对每条信道所使用的补偿因子的当前值，以及用于增加和减少该补偿因子的步长。其后，每当小区接收到减少发射功率的请求时，它根据相关的步长来调整所述补偿因子。

在实施例，某一小区的每条信道可与对补偿因子的最大和最小限制相关联。作为例子，假设工作于每个小区中的调度程序在公共帧边界上调度， $i=1,2,3\dots$ 。此外，假设  $\beta_m^{\max}(n)$  和  $\beta_m^{\min}(n)$  是小区  $m$  中信道  $n$  中的  $\beta$  的最大和最小值，以及假设  $\delta^{\text{up}}(n)$  和  $\delta^{\text{down}}(n)$  表示增加和减少信道  $n$  的功率的步长。然后对于信道  $n$ ，可以如下表示小区  $m$  中的帧  $i$  处的补偿调整：

(a) 如果在帧  $i$  处任何邻近小区发送减少功率命令：

$$\beta_m(n,i) = \max[\beta_m^{\min}(n), \beta_m(n,i-1) \cdot \delta^{\text{down}}(n)]$$

(b) 否则：

$$\beta_m(n,i) = \max[\beta_m^{\max}(n), \beta_m(n,i-1) \cdot \delta^{\text{up}}(n)]$$

还可以按希望或按需地调整所述最大和最小补偿限制。例如，可根据系统负载或要求来调整所述最大和最小限制。

根据负载、性能或一些其它测量，可以使对补偿因子的动态调整与对系统设定值或信道的最大允许数据速率的动态调整相同。当系统负载增加时，可以把设定值调整（即减少）到允许信道中的可靠操作的级别。一般地，还可以使每个信道的设定值是自适应的。这允许按希望或按需地不同地设置与信道相关联的数据速率。可以由每个小区局部地进行每条信道中的设定值的

自适应。

可以这样扩展对补偿因子的动态调整，使得可动态地调整每个小区中的所有信道的补偿因子。这种特性允许系统实质上调整信道的每一条中的功率电平，使得在指定信道中的活动用户能够满足所希望的设定值。从而邻近小区的信道中的功率可以变成是（例如）本地小区中的活动用户组、它们的要求等的函数。如果小区中的不同用户的组合是这样的，使得都能达到它们的指定信道中的设定值，那么使用默认的补偿因子。否则，在冒犯的邻近小区中，在指定的信道中以及对指定的持续时间，暂时地施加补偿因子中的额外减少（即减少的发射功率）。

当允许动态地改变补偿因子时，某一小区中的调度程序可能不确信正由邻近小区发送的功率。这可在本地小区中的用户的实际工作点（即  $C/I$ ）中导致不明确。然而，例如通过使调整基于所观测到的受影响的信道的性能，仍可动态地进行对补偿因子的调整。

例如，在一个实现中，小区监控与特定信道中的用户相关联的平均帧擦除率（FER）。如果实际  $C/I$  小于设定值，就有发生较高的帧擦除的可能性，从而导致差错帧的重传。然后该小区可（1）减少用户的数据速率，（2）请求冒犯的小区减少在特定信道上的发射功率，或进行（1）和（2）两者。

### 用于信道分配的参数

本发明的自适应复用方案提供了一种用于向请求数据传送的用户分配资源的结构。在正常系统操作期间，接收来自遍及整个系统的各个用户的对数据传送的请求。然后可对小区安排任务，来调度所述数据传送以及将信道分配给用户，使得实现高效率和性能。

可根据若干因素来实现数据传送的调度和对用户的资源分配。这样的因素可包括，例如：（1）指定给活动用户的优先级，（2）关于公平性的标准，以及（3）一个或多个信道度量。还可以考虑其它因素，下面描述了这些因素的一些，并且它们处于本发明的范围之内。

在实施例 中，这样进行数据传送和信道分配，使得一般在服务较低优先级的用户之前服务较高优先级的用户。如下所述，优先化一般导致较简单的

调度和信道分配处理，并还可用于确保用户间的公平性。可以根据诸如例如平均吞吐量、用户所经受的延迟等之类的许多标准来区分每个小区中用户的优先级。下面描述了这些标准中的一些。

可以使用户的优先级成为用户已经受的延迟量的函数。如果根据优先级而实现资源分配，则低优先级的用户更可能经受较长延迟。为了确保最小的服务级别，可以按用户所经受的延迟量的增加而提高用户的优先级。所述提高防止以不可容忍或可能是不确定的时间量延迟对低优先级用户的数据传送。

用户的所达到的 C/I 也可用于确定优先级。具有较低达到的 C/I 的用户仅可支持较低的数据速率。如果可用的资源用于向具有较高达到的 C/I 的用户传送，则平均系统吞吐量将可能增加，从而改进系统的效率。一般地，最好是向具有较高达到的 C/I 的用户传送。

还可使用用户的有效载荷来确定优先级。大有效载荷一般要求较少量的可用信道可支持的高数据速率。相反，小有效载荷一般可由更多可用信道支持。例如，可以把小有效载荷指定给具有大补偿因子，而不能支持大有效载荷所需的高数据速率的信道。由于对大有效载荷调度数据传送较困难，可以将具有大有效载荷的用户指定到较高的优先级。这样，具有大有效载荷的用户能够享有与具有小有效载荷的用户可比的性能级别。

在用户间指定优先级中可考虑要传送的数据的类型。某些数据类型是时间敏感的，并要求快速注意。其它数据类型可容忍传送中的较长延迟。可以向时限的数据指定较高的优先级。作为例子，可以给予正被重传的数据比首次传送的数据较高的优先级。重传的数据一般对应于先前传送的并被错误接收的数据。由于接收机处的信号处理可取决于错误接收的数据，可以给予重传的数据较高的优先级。

在指定用户的优先级中可考虑所正提供的数据服务的类型。可以把较高的优先级指定给高级服务（如那些收取较高价格的服务）。可以对不同的数据传送服务建立定价结构。通过定价结构，用户可个别地确定该用户期待享有的优先级和服务类型。

可以加权并组合上述的因素和其它因素，以得到用户的优先级。根据正

被优化的系统目标组，可使用不同的加权方案。作为例子，为了使小区的平均吞吐量最优，可以把较大的加权给予用户可达到的 C/I。还可以使用其它的加权方案，并且它们处于本发明的范围之内。

在用户优先化方案的一个实施例中，根据用户的平均吞吐量来区分它们的优先级。在该实施例中，为要计划进行数据传送的每个活动用户保持“计分”。小区可为它服务的活动用户保持计分（即对于分布式控制方案）或中央控制器可对所有的活动用户保持计分（即集中式控制方案）。可以在通信系统的较高层建立用户的活动状态。

在所述实施例中，在调度间隔  $i$ （如帧  $i$ ）处为用户  $k$  计算计分  $\phi_k(i)$ 。在帧  $i$  处用户  $k$  的数据速率  $r_k(i)$  具有比特/帧的单位，并且以最大数据速率  $r_{\max}$  和 0 为界限。根据所达到的（即测量的）或可达到的（即估计的）C/I，用户  $k$  的数据速率  $r_k(i)$  可以是“可实现的”（即“可能的”）数据速率。数据速率  $r_k(i)$  还可以是要在当前调度周期中指定的实际数据速率，或一些其它的可计量的数据速率。对可实现的数据速率的使用在信道分配处理期间引入了滑动效应，如下所述，这可以改进一些处于不利地位的用户性能。

在详细实现中，可以如下表示活动用户的计分  $\phi_k(i)$ ：

$$\phi_k(i) = \alpha_1 \cdot \phi_k(i-1) + \alpha_0 \cdot r_k(i) / r_{\max} \quad \text{方程 (3)}$$

其中对于  $i < 0$ ， $\phi_k(i) = 0$ ，以及  $\alpha_0$  和  $\alpha_1$  是加权因子。例如，如果  $\alpha_0$  和  $\alpha_1 = 0.5$ ，与来自前一调度间隔的计分  $\phi_k(i-1)$  一样，给予当前的数据速率  $r_k(i)$  相等的加权。所述计分  $\phi_k(i)$  近似地与用户的归一化的平均吞吐量成比例。

在另一详细实现中，可以把每个活动用户的计分  $\phi_k(i)$  计算为在滑动时间窗口上的移动的平均吞吐量。例如，可以在某一数量的调度间隔上（如在最近的 10 个帧上）计算用户的平均（可实现的或实际的）吞吐量，并把它用作计分。可以考虑计算活动用户的计分  $\phi_k(i)$  的其它实现，并且它们处于本发明的范围之内。

在一个实施例中，当用户变成活动的时候，把所述计分初始化到归一化的用户可根据当前的 C/I 达到的数据速率。在每个调度间隔（如每帧）可更新每个活动用户的计分，并且如果在当前调度间隔中有对用户的数据传送，则一般进行所述更新。如果没有向用户的数据传送，则保持所述计分（保持

在相同的值上），并且如果用户不再活动时，则将计分重置为 0。如果没有调度活动用户进行传送，则  $r_k(i)=0$ 。无论何时造成帧差错，则有效速率也是 0。由于帧差错信令（如 Ack/Nak 的延迟）的往返延迟，不会立即知道所述帧差错，但是一旦已知所述帧差错，则可相应地调整所述计分。

然后，调度处理器使用计分来区分用户的优先级，用于信道分配。在详细实施例中，区分一组活动用户的优先级，使得向具有最低计分的用户指定最高优先级，而向具有最高计分的用户指定最低优先级。在进行优先化中，所述调度处理器还可向用户计分指定不一致的加权因子。这样的不一致的加权因子可考虑在确定用户优先级中要考虑的其它因子（诸如上述的那些）。

在某些实施例中（例如，如果使用可实现的数据速率），对于某一用户的计分  $\phi_k(i)$  没有必要表现出什么是用户可支持的（即可不反映出用户的可能数据速率）。例如，可以向两个用户指定相同的数据速率，即使一个用户能够比另一用户支持更高的数据速率。在这种情况下，可以给予具有较高可能数据速率的用户较高的计分，从而该用户将具有较低优先级。

可以在数据传送的调度和信道的分配中强加公平性标准，来确保（或可能甚至是保证）最小服务等级（GOS）。典型地把公平性标准施加到系统中的所有用户，虽然也可选择某一子集的用户（如高级用户）用于公平性标准的施加。通过对优先级的使用，可实现公平性。例如，每次都从调度忽略用户的数据传送和/或每次不成功的传送时，可以提高该用户的优先级。

对于上述的用户优先化方案，可以用计分比的方式进行资源的分配。在这种情况下，可由最大的用户计分来作为所有活动用户的计分的基准，以形成可如下表示的经修改的计分  $\hat{\phi}_n(k)$ ：

$$\hat{\phi}_k(i) = \phi_k(i) / \max_k \{\phi_k(i)\}。 \quad \text{方程 (4)}$$

然后，分配给某一用户的资源可基于它们的经修改的计分。例如，如果用户 1 具有两倍于用户 2 的计分，那么调度处理器可分配具有使这两个用户的数据速率相等所必需的容量的一条信道（或若干信道）（假设这样的一条信道或若干信道是可用的）。作为公平性考虑，所述调度处理器可试图在每个调度间隔将数据速率归一化。还可以强加其它公平性标准，并且它们处于本发明的范围之内。从而，对用户的资源的分配可基于若干参数。可以把这

些参数中的一些组合成信道度量。在每个调度和信道分配间隔期间，可以对每个活动用户和每条可用信道计算信道度量。然后使用这些计算的信道度量来分配信道，使得最优地使用资源。根据系统要求，可使用若干不同的信道度量。如下所述，在进行信道分配中还可使用额外的约束（如最大功率、最小 C/I 等等）。

### 信道度量

一个或多个信道度量可用于进行信道分配，使得可实现对资源的更有效的使用和改进的性能。例如，这样的信道度量可包括基于干扰的度量、中断概率、最大吞吐量或一些其它测量。下面描述了表现出“优势”的信道度量的一些例子。然而，将要认识到还可以公式化并使用其它信道度量，并且它们处于本发明的范围之内。

在一个实施例中，可以设计并应用基于活动用户的中断概率的信道度量。然后这样分配信道，使得对尽可能多的用户将中断概率最小化。所述中断概率  $d_m(n,k)$  是用户的 C/I 条件函数，并表示给定信道中的给定用户的中断概率的期望值。对于 3 小区系统，可以如下表示对于小区 1 中的给定用户的信道度量  $d_m(n,k)$ ：

$$d_m(n,k) = \left[ \begin{array}{l} P_2(n) \cdot (1 - P_3(n)) \cdot f\{[I_1(1,k) \cdot \beta_1(n)]/[I_1(2,k) \cdot \beta_2(n)]\} \\ + P_3(n) \cdot (1 - P_2(n)) \cdot f\{[I_1(1,k) \cdot \beta_1(n)]/[I_1(3,k) \cdot \beta_3(n)]\} \\ + P_2(n) \cdot P_3(n) \cdot f\{[I_1(1,k) \cdot \beta_1(n)]/[I_1(2,k) \cdot \beta_2(n) + I_1(3,k) \cdot \beta_3(n)]\} \end{array} \right] \quad \text{方程 (5)}$$

其中：

$\beta_m(n)$  是与小区  $m$  的信道  $n$  相关联的补偿因子， $0 \leq \beta \leq 1$ 。当  $\beta_m(n)=0$  时，相当于阻止小区  $m$  使用信道  $n$ ；

$P_m(n)$  是小区  $m$  正在使用信道  $n$  的概率（即占用概率）；

$I_m(l,k)$  是由小区  $m$  中的用户  $k$  所观测到的所接收的来自小区  $l$  的功率，其中小区  $l$  以满功率发射；

$f(x)$  是以  $x$  的函数来描述对于给定数据速率的中断概率的函数。

信道度量  $d_m(n,k)$  表示信道  $n$  中小区  $m$  中的用户  $k$  的中断概率。在使用信道度量  $d_m(n,k)$  的实施例中，具有最低中断概率的信道是指定给用户的最佳信道。

根据来自自主小区和干扰小区  $I_m(l,k)$  的发射功率的估计，可以把函数  $f(x)$  计



算到一定的置信度。可以在一时间周期上将  $f(x)$  的值平均，以提高精确程度。由于小的信号衰落以及或许偶然的阴影（如卡车阻塞主信号通路）， $f(x)$  值中的波动可能发生。为了考虑波动，可选择补偿因子来提供一些容限，并且可根据操作条件中的变化而改变数据速率。

可使用各种技术来估计概率  $P_m(n)$ 。例如，如果小区没有使用信道，则它可测量干扰电平并保持它有多频繁地超过某一阈值的计数。并且如果该小区正在使用信道，它可保持测量帧擦除多频繁地发生的另一计数。这些测量皆可用于导出  $P_m(n)$  的估计。还可以对  $P_m(n)$  假设 1.0 的值。

可如下总结由功率补偿结构所提供的中断概率中的改进。如果对于所有的  $m$  和  $n$ ，用  $P_m(n)=0.1$  来估计方程（5），则结果与检验所有小区皆满载的信道分配方案相同。当不使用补偿（即对于所有的  $m$  和  $n$ ， $\beta_m(n)=1.0$ ），对于所有信道  $n=1,2,\dots,N_c$ ，对于给定用户  $k$ ，信道度量  $d_m(n,k)$  是相等的。从而，在没有功率补偿的信道分配中就没有优选。由于小区中的用户不可能经受类似的操作条件，并且一些用户比其它用户更不易受到其它小区的干扰，这种缺乏优选导致对可用资源的低效率使用。如下所述，通过强加利用用户的组成的好处的补偿结构，可实现系统吞吐量中的改进。

一旦对活动用户计算了中断概率，如下所述，根据用户优先级可实现信道分配。分配给在考虑中的用户的最佳信道是具有最低期望中断概率的一条信道。

方程（5）中给出的表示是对于 3 小区系统的。信道度量  $d_m(n,k)$  的通式如下：

$$d_m(n,k) = \sum_{j=0}^{2^{N_c}} a_j(n) \cdot \hat{f}_j(m,n,k), \quad \text{方程（6）}$$

其中

$$a_j(n) = \prod_{i=0}^{N_c-1} b_{i,j}(n), \quad \text{方程（7）}$$

$$b_{i,j}(n) = \begin{cases} P_i(n) & ; \quad c_{i,j} = 1 \\ 1 - P_i(n) & ; \quad c_{i,j} = 0 \end{cases}, \quad \text{方程（8）}$$

$$c_{i,j} = j \cdot 2^i, \quad \text{方程（9）}$$

$$\hat{f}_j(m, n, k) = f_j \left[ \frac{I_m(l, k) \cdot \beta_m(n, k)}{\sum_{\substack{l=0 \\ l \neq m}}^{N_c-1} c_{l,j} \cdot \beta_l(n, k) \cdot I_m(l, k)} \right], \quad \text{方程 (10)}$$

对于  $c_{i,j}$ , 符号 “ $\bullet$ ” 意味着逻辑 “与” 运算 (即  $c_{i,j}$  或者是 0 或者是 1)。

方程 (10) 中给出的函数  $f(x)$  表示在  $C/I=x$  处估计的中断概率。方程 (10) 的进一步推广包括对若干函数  $f^R(x)$  的估计, 其中上标  $R$  指示出描述某一数据速率  $R$  的中断概率的函数。

方程 (6) 可用于复用群  $N_r$  中的任何数量的小区, 并包括关于所接收的来自具有相同索引以  $N_r$  为模的小区的干扰的项。根据传播特性以及  $N_r$ , 对于小区中的用户子集来说, 这些 “同信道” 项可能不是无关紧要的。

可进一步推广方程 (6) 至方程 (10), 来说明来自本地复用群之外的小区的干扰。在这种情况下, 用  $N_c$  代替  $N_r$ , 其中  $N_c$  是系统中所有小区组。在典型实现中,  $N_c$  不需要包括系统中的所有小区, 但应当包括那些给出高于某一阈值电平之上的干扰电平的小区。

在另一个实施例中, 基于活动用户的期望  $C/I$  的信道度量可用于信道分配。可根据信道占用概率和干扰约束, 来产生所述度量。使用 3 小区系统例子, 可以把对于小区 1 中的用户 1 的信道度量表示成:

$$h_1(n, k) = I_1(1, k) \cdot \left[ \begin{array}{l} P_2(n) \cdot (1 - P_3(n)) \cdot I_1(2, k) \\ + P_3(n) \cdot (1 - P_2(n)) \cdot I_1(3, k) \\ + P_2(n) \cdot P_3(n) \cdot (I_1(2, k) + I_1(3, k)) \end{array} \right]^{-1} \quad \text{方程 (11)}$$

$n = 1, 2, \dots, N_c$  以及  $k = 1, 2, \dots, N_c$ ;

其中

$P_m(n)$  是小区  $m$  中的用户占用信道  $n$  的概率, 以及

$I_m(l, k)$  是由小区  $m$  中的用户  $k$  所观测到的所接收的来自小区  $l$  的功率。

方程 (11) 的中括号中的值是经加权的干扰的和。和中第 1 项表示小区 2 正在发射而小区 3 不在发射的概率乘以来自小区 2 的干扰。和中第 2 项表示小区 3 正在发射而小区 2 不在发射的概率乘以来自小区 3 的干扰。以及和中第 3 项表示两个小区 2 和 3 都在发射的概率乘以来自小区 2 和 3 的干扰。“优势”与所希望的信号功率与干扰功率的比值有相反关系。

方程(11)是对于3小区系统而示出的,并且类似于方程(6)所实现的,可把它扩展到适合任何数量的小区、用户和信道。一般地,和中的项数随着小区的数量的增加而大大增加。然而,可以忽略来自一些距离的小区的影响,来简化计算。

如上所述,可以约束(即补偿)某一小区的一些或所有信道的发射功率,以提高性能并满足系统要求。然后可以修改方程(11)来考虑功率补偿,并可如下表示:

$$h_1(n,k) = I_1(1,k) \cdot \beta_1(n) \cdot \left[ \begin{array}{l} P_2(n) \cdot (1 - P_3(n)) \cdot I_1(2,k) \cdot \beta_2(n) \\ + P_3(n) \cdot (1 - P_2(n)) \cdot I_1(3,k) \cdot \beta_3(n) \\ + P_2(n) \cdot P_3(n) \cdot (I_1(2,k) \cdot \beta_2(n) + I_1(3,k) \cdot \beta_3(n)) \end{array} \right]^{-1} \quad \text{方程(12)}$$

其中 $\beta_m(n)$ 是与小区 $m$ 的信道 $n$ 相关联的补偿因子,  $0 \leq \beta \leq 1$ 。从而,用补偿因子 $\beta_m(n)$ 缩放方程(12)中的每个干扰项。当 $\beta=0$ 时,这相当于阻塞小区在指定信道中发射。如上所述,可以用静态或动态的方式进行 $\beta_m(n)$ 的确定。

### 其它约束和考虑

在数据传送的调度以及向活动用户的信道分配中,除了信道度量之外还可使用若干约束和考虑。例如,这些约束和考虑可包括过度中断概率、有效载荷要求、用户数据速率、对邻近小区的干扰、来自其它小区的干扰、最大发射功率、可达到的C/I和所要求的设定值、用户经受的延迟、传送的数据的类型和数量、所提供的数据服务的类型等等。上述不是穷举列表。还可考虑其它约束和考虑,并且它们处于本发明的范围之内。

### 数据传送的调度

系统中的小区使用上述方式制定的自适应复用计划并根据规定的规则和条件而操作。在正常操作中,每个小区接收来自小区中的若干用户的对于数据传送的请求。然后,小区调度所述数据传送,以满足系统目标。可在每个小区(即对于分布式调度方案),或由中央控制器(即对于集中式调度方案),或由混合方案来进行所述调度,在所述混合方案中小区中的一些调度它们自己的传送,而中央控制器调度一组小区的传送。

在1999年7月13日公布的名为“METHOD AND APPARATUS FOR FORWARD LINK

RATE SCHEDULING”的美国专利号 5,923,650, 1999 年 6 月 22 日公布的, 同样名为 “METHOD AND APPARATUS FOR REVERSE LINK RATE SCHEDULING” 的美国专利号 5,914,950, 以及 1997 年 2 月 11 日申请的名为 “” 的美国专利申请序列号 08/798,951 中, 进一步详细描述了分布式、集中式和混合调度方案, 所有这些都转让给本发明的受让人, 并通过引用而结合于此。

图 9 是调度数据传送的方案的实施例的流程图。一开始, 在步骤 910 处更新用于调度的参数。这些参数可包括那些用于上述信道度量的计算中的参数, 例如可包括负载概率、信道占用概率、C/I CDF、要被调度的每个小区中的每个用户的干扰约束矩阵、补偿因子以及其它。

然后, 在步骤 912 处区分用户的优先级和等级。一般地, 仅区分具有要传送的数据的活动用户的优先级和等级。可使用若干用户等级方案中的任何一种来进行用户的优先化, 并且可基于上面所列出的一个或多个标准 (例如有效载荷)。然后根据用户的指定的优先级而相应地划分活动用户的等级。

然后在步骤 914 处, 向活动用户分配信道。信道分配一般包含若干步骤。首先, 使用更新的参数对可用信道计算信道度量。可使用上述的任何一种信道度量, 或者也可以使用其它信道度量。然后根据用户的优先级及其需求要求以及计算出的信道度量, 向用户分配信道。调度每小区多达  $N_c$  个用户, 进行在  $N_c$  条可用信道上的传送。下面更详细地描述了信道分配。

然后, 在步骤 916 处更新系统参数, 以反映信道分配。例如, 要被更新的参数可包括根据来自其它小区的请求而对信道的补偿因子的调整。小区还可以请求邻近小区的调整, 以及进行由邻近小区请求的调整。

然后在步骤 918 处, 该小区使用分配的信道和更新的参数而传送数据。一般地, 在小区的正常操作期间进行步骤 910 至步骤 918。在步骤 920 处, 作出关于是否要调度任何传送的判定。如果有额外的传送, 则所述处理返回到步骤 910, 并且调度下一组传送。否则, 处理终止。

## **信道分配**

可使用许多方案并考虑许多因素来分配信道。在一个实施例中, 划分小区中的所有活动用户的优先级, 使得可从最高优先级用户到最低优先级用户

进行信道的分配。用户的优先化可基于诸如上述的那些因素之类的许多因素。

本发明的一个方面提供了基于需求的信道分配方案。在该方案中，当进行信道分配时，考虑用户的需求和有效载荷要求，使得较佳地利用可用资源。对于某一组可用信道，具有较低有效载荷要求（如较低数据速率）的用户可由许多可用信道服务，而具有较高有效载荷要求（如较高数据速率）的用户可由减少数量的可用信道服务。如果具有较低有效载荷要求的用户具有较高优先级，并且向其分配最佳可用信道（在许多同样满足用户的要求的信道之中），并且如果该信道是能够满足具有较高有效载荷的用户的要求的唯一一条信道，那么仅可服务一个用户，并且没有有效地使用资源。

作为例子，考虑这样一种情况，其中 3 条信道可用于向两个用户分配，用户 1 具有 1 千字节的有效载荷要求，而用户 2 具有 10 千字节的有效载荷要求。而且，假设三条信道中仅有一条将满足用户 2 的要求，而所有 3 条信道都将满足用户 1 的要求。可如下分配信道：

（a）如果用户 2 具有比用户 1 高的优先级，则向用户 2 分配可满足其最大吞吐量的信道。然后以默认的方式向用户 1 分配下一最佳信道。两个用户都由信道分配服务。

（b）如果用户 1 具有比用户 2 高的优先级，并且如果在进行信道分配中没有考虑用户的有效载荷要求，那么即使可用信道中的任何一条都将满足用户 1 的要求，可向用户 1 分配具有最大有效容限的信道。以默认的方式向用户 2 分配不能满足其要求的下一最佳信道。然后，将以较低的数据速率服务用户 2，或者用户 2 保留在队列中直到下一调度周期为止。

若干分配选项可用于情况（b）。如果如上所述的那样进行信道分配，可以把分配给用户 1 的信道中所使用的功率减少到以所希望的数据速率进行可靠通信而要求的水平。情况（b）中的另一分配选项是向用户 1 分配能满足用户 1 的要求的具有最低容限的信道。用该信道分配，可使其它较佳的信道可用于可能需要它们的其它用户（例如，由于较高有效载荷要求或较低达到的 C/I）。使用这种基于需求或有效载荷的分配，具有较大容限的信道可用于向可能要求额外容限的后续用户分配。从而，基于有效载荷的信道分配是该调度间隔内的有效吞吐量最大。

在上面的例子中，如果用户的数量小于可用信道的数量，则使用户提升是可能的。从而，可以把用户 1 提升到另一未分配的信道，该信道具有比已分配的信道高的容限。提升用户 1 的原因是为了降低支持传送所要求的有效发射功率。也就是说，由于任一剩余的信道满足用户 1 的需求，把用户 1 重新指定到具有较高容限的信道，允许以容限量降低发射功率。

除了用户有效载荷之外，在进行信道分配中还可考虑其它因素。例如，可以考虑在其它小区在某一信道  $n$  上传送的概率  $P_m(n)$ 。如果若干信道具有近似相等的信道度量，而不考虑  $P_m(n)$ ，那么要分配的较佳的一条信道是具有正被使用的最低概率的那一条。从而，信道占用概率  $P_m(n)$  可用于确定最佳信道分配。

在进行信道分配中可考虑过度中断概率。在一些情况中，对某一用户的信道分配可能是不必要的或欠考虑的。例如，如果用户对于某一信道的期望中断概率过多，就可能存在该信道上的整个传送将被破坏或需要重传的合理可能性。此外，信道的分配可增加邻近小区传送受添加的干扰而破坏的可能性。在这样的情况下，对信道的分配可能是欠考虑的，并且最好是完全不分配信道或向可较佳使用信道的另一用户分配信道。

图 10 是本发明的基于需求的信道分配方案的实施例的流程图。一开始，在步骤 1010 处，对活动用户和对可用信道计算信道度量。可使用诸如上述的那些之类的各种信道度量。当对用户特定的信息可用时，这些信道度量考虑这些信息。例如，信道度量可使用来自干扰约束矩阵的信息，所述干扰约束矩阵描述由用户所观测到的来自邻近小区的干扰功率电平。然后，在步骤 1012 处，根据上述的因素来划分活动用户的优先级和等级。所述优先化还可基于步骤 1010 中所计算出的计算度量。用户的优先级和信道度量用于进行信道分配。

在步骤 1014 处，从活动用户列表中选择最高优先级用户，然后，在步骤 1016 处，向选择出的用户分配具有能满足用户的要求的最差度量的信道。例如，如果使用基于中断概率的信道度量，则向经选择的用户分配具有仍然满足用户的中断要求的最高中断概率的信道。然后，在步骤 1018 处，从活动用户列表中除去经分配的用户。然后在步骤 1020 处，作出关于活动用户列表是

否为空（指示出已向所有活动用户分配信道）的判定。如果所述列表不空，则处理返回到步骤 1014，并选择列表中未经分配的最高优先级的用户用于信道分配。否则，如果已向所有用户分配信道，则处理终止。

图 10 中的方案一般将依次较低优先级的用户指定给具有依次较大补偿因子的信道。如果不能把用户指定给能够实现所要求的 C/I 的信道，则可调度该用户以降低的数据速率（在这里被称为“半空白”状态）进行传送，或者在另一时间传送（在这里被称为“全空白”状态）。可以增加受到空白或半空白的用户的优先级，使得在下一调度和信道分配间隔中较早地考虑该用户。一旦把用户指定到它们的最初的信道，如果有任何可用信道的话，可把用户提升到较佳信道。

在一个信道提升方案中，如果信道满足用户的要求，并且可以提供较大链路容限，则连续地把用户指定到较佳可用信道（从最高优先级用户开始）。然后可以把依次较低优先级的用户（即从最高至最低）指定到任何剩余的信道。这种提升方案允许一些或所有活动用户享有具有较高链路容限的较佳信道。

在另一种信道提升方案中，以可用信道的数量来提升经分配的用户。例如，如果有 3 条信道可用，则每个经分配的用户上移 3 个时隙。这种提升方案允许大多数（如果不是全部）用户享有较佳信道。例如，如果具有渐进较差的性能的信道 1 至 12 可用于信道分配，并且最初将 9 个用户指定给信道 4 至 12，那么可以将每个用户提升 3 个信道。然后，所述 9 个用户占用信道 1 至 9，并且可禁用信道 10 至 12。

可以设计其它提升方案，并且它们处于本发明的范围之内。

图 11 是本发明的信道提升方案的实施例的流程图。在开始图 11 所示的提升处理之前，把活动用户指定给它们的最初的信道分配，这可通过使用上面图 10 中所述的信道分配方案而实现。在步骤 1110 处，作出关于是否已将所有可用信道分配给用户的判定。如果已分配所有信道，则无信道可用于提升，并且处理进行到步骤 1128。否则，如果可用信道比原始分配的信道好（即具有较佳信道度量），则将用户提升至这些信道。

在步骤 1112 处，对于可能的信道提升，从活动用户列表中选择最高优先

级用户。对于经选择的用户，选择未分配信道列表中的“最佳”信道。所述最佳信道对应于具有对于经选择的用户的“最佳”信道度量（如最低中断概率）的信道。

然后，在步骤 1116 处作出关于对于经选择的用户提升是否可能的判定。如果最佳可用信道的信道度量比最初分配给经选择的用户的信道度量差，那么不进行提升并且处理进行到步骤 1124。否则，在步骤 1118 处将经选择的用户提升到所述最佳可用信道，然后在步骤 1120 处从可用信道列表中除去该条信道。在步骤 1122 处，可以把最初分配给经选择的用户的信道放回可用信道列表，用于向一些其它较低优先级的用户进行可能的分配。然后在步骤 1124 处，从活动用户列表中除去所述经选择的用户，而不管是否进行了信道提升。

在步骤 1126 处，作出关于活动用户列表是否为空的判定。如果用户列表非空，处理返回到步骤 1110，并且选择所述列表中的最高优先级的用户用于可能的信道提升。否则，如果没有更多可用信道用于提升，或者已考虑所有活动用户，那么处理进行到步骤 1128，并且调整所有信道的补偿因子，以降低发射功率。然后所述处理终止。

图 11 中的提升处理有效地将活动用户提升至更可能提供改进性能的可用信道。可以修改图 11 所示的信道提升方案以提供改进的信道提升。例如，对于某一用户，由较低优先级用户释放的信道对于该用户可能是较佳的。然而，没有把该用户指定给该信道，因为当考虑较低优先级用户时，早已从用户列表中除去了该用户。从而可多次重复图 11 中的处理，或可以包括其它测试以考虑这种情况。还可以使用其它提升方案，并且它们处于本发明的范围之内。

图 10 中所示的信道分配方案根据用户的优先级将用户指定给可用信道。可根据诸如使用方程（3）计算的计分之类的“计分”向用户指定优先级。作为公平性考虑的一部分，如果若干信道可用并且如果一条信道不能满足用户的要求，则可把某一用户指定给若干信道。例如，可把用户指定给能够支持 50% 的用户要求的第 1 信道，能够支持 35% 的用户要求的第 2 信道以及能够支持剩下的 15% 的用户要求的第 3 信道。如果这种特定的资源分配阻止其它用户达到它们的要求，那么可以提高受服务不周的用户的优先级，使得在随后的调度间隔内将较早地考虑这些用户，进行资源分配。



根据本发明的某些方面，向用户的信道分配（即资源分配）部分基于用户的优先级，并且使用用户优先级的动态调整，以提供对数据传送的“滑动”效应。可把对某一用户的数据传送，对不同的调度间隔而指定给不同的信道。如下所述，在某些情况下，这种数据传送的滑动提供干扰平均，这可进一步改进通信系统中处于不利地位的用户性能。

根据本发明的某些实施例，在信道分配处理的任一部分期间（如初始信道分配或信道提升），可以缩放用户的数据速率，以匹配经分配的信道的有效链路容限，或者可增加补偿因子以减少信道的发射功率，或两者。可根据有效链路容限来调整用户的数据速率，以允许系统增加吞吐量。如果所到达的 C/I 比设定值小（即有效链路容限是负的），则可以把用户的数据速率降低到可由信道支持的速率。

还可以把所有信道的发射功率降低至支持以所希望的数据速率进行传送而需要的最小电平。可通过调整与分配信道相关联的补偿因子来实现发射功率中的减少。可以将未分配的信道的补偿因子减少到 0（即阻塞），以减少对其它小区的干扰。

可以把信道分配给具有 0 个或多个条件或使用约束的用户。例如这样的约束可包括（1）对数据速率的限制，（2）最大发射功率，（3）对设定值的限制等等。

可以把最大数据速率强加于分配给活动用户的信道。例如，如果期望的 C/I 不能支持所要求的中断概率，则可降低所述数据速率，以实现所述要求。

可以在某些已分配的信道上设置最大功率约束。如果系统中的小区知道其它小区的功率约束，可以以较高的确定程度局部地计算干扰电平，并且较佳的规划和调度是可能的。

例如，在重负载情况中，可以把某一特定设定值（即目标 C/I）强加于已分配的信道上。可向一用户（如低优先级）分配不满足所要求的最小中断概率的信道（即经分配的信道具有比对某一特定中断概率所要求的 C/I 低的期望 C/I）。在这种情况下，可要求用户使用经分配的信道，在满足所要求的中断概率的较低的设定值处操作。所使用的设定值可以是静态的或随系统负载而变化。同样地，可以每信道的方式强加所述设定值。

## 控制方案

可用各种方式和使用诸如集中式、分布式以及混合控制方案之类的许多控制方案，来实现自适应复用方案、数据传送的调度以及信道的分配。下面更详细地描述了这些控制方案。

在集中式控制方案中，把要共同控制的来自所有小区中的活动用户的信息提供给中央处理器，它根据所接收的信息和一组系统目标来处理这些信息、调度数据传送以及分配信道。在分布式控制方案中，把来自每个小区的活动用户的信息提供给小区处理器，它根据所接收的来自该小区的用户的信息和所接收的来自其它小区的其它信息，来处理所述信息、调度数据传送以及分配信道。

分布式控制方案在本地级别上进行数据传送的调度和信道分配。可在每个小区实现分布式控制方案，并且不要求小区间的有关协调。

在分布式控制方案中，即使可在每个小区局部地进行调度和信道分配，但是可动态地与其它小区共享本地信息。例如所述共享信息可包括某一小区处的负载、小区的活动用户的列表、信道可用性信息、已指定的补偿因子等等。在分布式控制方案中，不需要以动态的方式共享该信息，并且该信息可以是系统中的小区可用的“静态”信息。可由小区使用所述共享信息，以帮助决定怎样最佳地本地地分配资源。

可在低和高负载条件两者中有利地使用所述分布式控制方案，并且该方案比集中式控制方案更简单实现。在低负载时，小区更可能能够使用“正交”信道进行发送，这导致来自其它小区最小的干扰。随着负载增加，系统中的干扰电平通常将增加，并且有小区将使用非正交信道进行发送的较高的可能性。然而，随着负载增加，小区可从中选择的用户组也增加。这些用户中的一些可能比其它更能容忍其它小区的干扰。分布式控制方案在为活动用户组分配信道和调度传送中利用该因素。以这样的方式分配信道，以至于在给定的诸如（例如）每个用户的最小瞬时和平均数据速率之类的约束的条件下，使系统吞吐量最大。

### 功率控制

可由小区对经分配的信道实行功率控制。如果向用户分配一信道，并且具有正的链路容限（即期望  $C/I$  与设定值之间的差是正的），则可根据所确定的链路容限来降低发射功率。即使系统中的其它小区没有意识到某一传送的补偿因子，整体效果是降低干扰电平并提高成功传送的概率。可以动态的，或许以对 CDMA 系统进行的方式进行功率控制。

### 扇区

在“小区”环境中描述了本发明的各种方面和实施例。如这里所使用的那样，小区还指的是扇区化的小区中的“扇区”。例如，可以设计并操作 3 扇区小区，以提供对 3 个不同（虽然一般是重叠的）地理区域中的用户的 3 组数据传送。从而，这里所使用的小区一般指的是对某一区域的任何定向传送，并且一般由来自发射源的某一波束方向图来定义。定向传送导致较少干扰，并从而导致比全向传送改进的性能和容量。如果操作某一小区支持多个扇区，可以对资源的分配、数据传送的调度以及信道的分配实现相同小区的扇区之间的协调。

从而，可以在由若干扇区化和/或非扇区化的小区组成的结构中实现本发明的各种方面和实施例，以提供改进的效率和性能。例如，一组补偿因子可与小区的每个扇区相关联，其中选择所述补偿因子以将对邻近的和附近的扇区的干扰量最小化。还可在指定的时间间隔启动每个扇区的传送，以进一步减少干扰。例如，可以指定邻近的或附近的扇区在不同时刻传送，以减少同信道干扰的量。

### 与多个小区通信

把通信系统设计成对给定操作环境支持尽可能多的同时用户。在一些实现中，每个用户可与一个或多个小区通信，进行数据传送。例如，可使用来自多个小区的数据传送，来增加用户的有效吞吐量。如果资源是可利用的话，可同时地或顺序地或两者组合地实现数据传送。例如，用户可请求来自具有较佳达到的  $C/I$  的某一小区（如在若干小区之间）的传送。在一个动态环境

中，例如，作为用户的运动、来自相邻小区的传送和干扰等的结果，可把较佳达到的 C/I 随时间与不同的小区相关联。根据某一特定实现，可同步或可不同步来自多个小区的数据传送。可以向接收数据传送的用户提供适当地装配所接收的数据所需的信息。

对于分组数据通信系统，小区可独立地调度分组的传送，而不要求小区间在例如某一特定传送时间和/或某一信道上的协作。

可使用软越区切换来改进性能（即可靠性）或提高容量（对于一些操作条件）。当对应于某一用户，设定值是负的或微正时，可使用软越区切换来为该用户提高数据传送的可靠性（由于可避免重传，它可改进系统性能）。当小区中的大部分用户具有低 C/I 时，可使用软越区切换来提高系统的容量（如对于具有全向天线的终端）。当小部分用户具有低 C/I 且额外的容量可用时，可使用软越区切换来提高数据传送的可靠性。

用软越区切换，一般同步了从多个小区到某一用户的数据传送，使得可结合地组合所接收到的数据。可由有关的小区调度所述数据传送，来提供所要求的同步。

### 上行链路调度

上述的本发明的方面、实施例和实现可适合于从小区到用户的下行链路传送。对于从用户到小区的上行链路传送的用户，可采用许多这些方面、实施例和实现。在上行链路上，可以为用户请求和其它信令的传送保留一部分可用资源。

在一个实施例中，可由用户在随机访问信道上发送对上行链路数据传送的请求。所述请求可包括诸如有效载荷（即要被传送的数据量）、所达到的 C/I 等之类的信息。小区接收用户请求，调度上行链路传送并向用户发送调度信息。例如，这样的调度信息可包括数据传送能发生的时间间隔、使用的数据速率（如调制和编码方案）以及指定的信道。可用上述关于下行链路传送类似的方式来进行上行链路传送的调度和信道分配。

### 与其它复用方案的组合

还可在其它复用结构中或与它们结合来实现本发明。在按引用结合于此的由 T. K. Fong 等人在 IEEE 通信学报 1998 年 6 月第 46 卷第 6 号的名为“Radio Resource Allocation in Fixed Broadband Wireless Networks”的论文中揭示了这样的一个结构。该参考描述了将每个小区划分成若干扇区，以及在选择以减少干扰量的指定的（以及可能是非指定的）和交错的时隙上向每个扇区传送。

在按引用结合于此的由 K. K. Leung 等人在 IEEE 通信中的选定区域期刊 1999 年 5 月第 17 卷第 5 号中的名为“Dynamic Allocation of Downlink and Uplink Resource for Broadband Services in Fixed Wireless Networks”的论文中揭示了另一种复用结构。该参考描述了将每个小区划分成若干扇区，以及在选定的以减少干扰量的指定的（以及可能是非指定的）和交错的时隙及子时隙上向每个扇区传送。确定用户的 C/I，并且根据用户对多达  $q$  个同时传送的容忍程度而将用户分类成组。然后，选择传送模式，并且调度数据传送来确保与用户的要求一致。

在按引用结合于此的由 K. C. Chawla 等人在 IEEE 通信中的选定区域期刊 1999 年 3 月第 17 卷第 3 号中的名为“Quasi-Static Resource Allocation with Interference Avoidance for Fixed Wireless Systems”的论文中揭示了又一种复用结构。该参考描述了向每个小区指定“波束关断”序列，以及允许用户告知小区最佳的数据传送时隙。

### 应用

可有利地把本发明用于许多应用中。例如，本发明可用于提供宽带分组数据服务的通信系统，它可用于支持因特网、电子商务、内容的分发、媒体广播以及许多其它应用。本发明可用于在无线通信系统上向家庭、工作以及移动环境中的用户提供话音、视频、数据、文本等等。本发明可用于向用户的内容的分发（如从诸如零售店、媒体源等的分配源）。例如，所述内容可以是可被数字地表示的诸如电影、图象、新闻文章、书籍、音频等等之类的任何事物。

本发明尤其适用于万维网上的可用的数据传送，并可用于向用户提供高速因特网接入。本发明还可用于设计成充当能够向用户提供广播节目内容（例如包括电影点播）的“无线电缆”系统的通信系统。

本发明通过提供技术支持这样的应用，以便允许通信系统实现高性能和效率。本发明通过进取地复用可用资源来支持有效分配和对可用系统资源的使用。在本发明的一些实施例中，所述复用接近于 1。

### 第 1 设计实例

为了更好地理解本发明的一些方面，下面描述了使用具有功率补偿的交错信道复用方案的实例设计。在该实例设计中，使用 3 小区复用方案，并且  $N_c=12$  可用于传送。小区中的用户具有图 7 所示的 C/I CDF。

为了确定该设计中的初始补偿因子，把图 7 中的 C/I CDF 划分成 12 个相等大小的组。每个用户组具有表 3 中所示的基于 15dB 的设定值  $\gamma$  的最小链路容限  $s(n)$ 。然后使用最小链路容限  $s(n)$  来确定 12 条可用信道的补偿因子。从而把小区的传送特性设计成近似匹配小区中的用户的 C/I 特性。

表 4 列出了小区 1 至 3 的补偿因子。向小区 1 分配信道 1 至 4 用于以满功率传送，并且可在信道 5 至 12 上以对应于与这些信道相关联的补偿因子的减少的功率传送。在该例子中，最初把信道 5 设计成以 0.6310 的补偿因子操作，把信道 6 设计成用 0.4446 的补偿因子操作等等，并把信道 12 设计成用 0.0112 的补偿因子操作。

向小区 2 和 3 指定相同的补偿因子，但分别用 4 信道和 8 信道以 12 为模进行偏移。从而，向小区 2 分配信道 5 至 8 用于以满功率传送，并且在其它信道以减少的功率传送，以及向小区 3 分配信道 9 至 12 用于以满功率传送，并且在其它信道上以减少的功率传送。表 4 中示出了小区 1 至小区 3 的补偿因子。

根据所有小区以满功率发射的假设而导出表 4 中所示的补偿因子。然而，当连同交错的 4 信道偏移一起施加所述补偿因子时，由于由所述补偿因子减少了来自其它小区的干扰，小区中的用户所观测到的实际 C/I 值可能大于表 3 的第 2 列所提供的最小 C/I 值。

在一个实施例中，部分地根据用户的优先级进行数据传送的调度和信道的分配。从而，在调度和信道分配之前，使用上述任何因素来相应地划分用户的优先级和等级。

在这种设计中，根据一组已定的补偿因子来操作每个小区中的信道。在本简单例子中使用下述因素和假设。首先，每小区有 12 个活动用户，并且在例子中仅考虑小区 1 中的用户。假设小区 1 中的用户的接收功率电平相同并等于 1。假设来自小区 2 和 3 的接收功率电平相同（即  $I_2 = I_3$ ），并且用户 1 至 12 所观测到的干扰在表 9 中给出。用户 1 至 12 的干扰可分别对应于例如上面关于图 7 所描述的由用户组 1 至 12 中的用户所观测到的干扰。假设热噪声是可忽略的。

在该设计中，使用基于用户的期望的 C/I 的信道度量来进行信道分配。从而，在调度和信道分配之前，使用方程 (12) 计算活动用户的信道度量。表 8 中的列表示关于将表 4 中给出的补偿因子施加到小区中以及表 9 中的第 2 列所给出的接收功率电平  $I_2$  和  $I_3$  的为活动用户计算的信道度量。对于所述计算，把  $P_2$  和  $P_3$  假设为 1。

在该例子中，根据施加已知的补偿因子而活动用户最大可达到的信道度量来划分活动用户的优先级。确定并在表 8 的倒数第 2 行列出所有 12 个用户的最大可达到的信道度量。在该例子中，向具有最低的最大可达到的信道度量的用户（即用户 1）指定最高优先级 12，向具有下一最低的最大可达到的信道度量的用户（即用户 2）指定下一最高优先级 11 等等，并且向具有最高最大可达到的信道度量的用户（即用户 12）指定最低优先级 1。表 8 的第最后一行以及表 9 的第 3 列示出了用户的优先级。

表 8

信道	用户信道度量											
	$d(1)$	$d(2)$	$d(3)$	$d(4)$	$d(5)$	$d(6)$	$d(7)$	$d(8)$	$d(9)$	$d(10)$	$d(11)$	$d(12)$
1	8.4	26.4	66.4	83.6	132.4	209.9	332.7	527.3	663.8	1052.0	2642.5	10520.1
2	12.0	38.0	95.5	120.2	190.5	302.0	478.6	758.5	954.9	1513.4	3801.4	15133.8
3	19.9	63.0	158.3	199.3	315.9	500.6	793.5	1257.6	1583.2	2509.2	6302.8	25091.9

4	30.0	94.9	238.4	300.1	475.6	753.8	1194.7	1893.5	2383.8	3778.1	9490.1	37780.7
5	3.5	11.2	28.2	35.4	56.2	89.0	141.1	223.6	281.5	446.2	1120.8	4462.0
6	2.6	8.3	20.8	26.2	41.5	66.7	104.2	165.1	207.9	329.5	827.6	3294.8
7	1.7	5.4	13.7	17.2	27.3	43.2	68.5	108.6	136.7	216.7	544.4	2167.1
8	1.2	3.9	9.9	12.5	19.8	31.3	19.7	78.7	99.1	157.1	394.6	1571.0
9	0.5	1.5	3.9	4.9	7.7	12.3	19.4	30.8	38.8	61.5	154.4	641.6
10	0.3	1.1	2.8	3.5	5.5	8.7	13.8	21.9	27.6	43.7	109.8	437.2
11	0.2	0.6	1.4	1.8	2.8	4.4	7.0	11.0	13.9	22.0	55.4	220.4
12	0.1	0.2	0.5	0.6	0.9	1.5	2.4	3.7	4.7	7.4	18.7	74.5
$d_{\max}(k)$	30.0	94.9	238.4	300.1	475.6	753.8	1194.7	1893.5	2383.8	3778.1	9490.1	37780.7
优先级	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

然后，根据用户的优先级和所计算出的信道度量来分配信道。一开始，选择最高优先级用户（即用户 1），并分配对应于其最大可达到的信道度量的信道（即信道 4，信道度量=30.0）。然后选择下一最高优先级用户（即用户 2），并分配对应于其最大可达到的信道度量的信道（即信道 3，信道度量=63.0），因为这是可用信道中最佳的一条信道（即已经把信道 4 分配给用户 1）。所述信道分配处理继续进行，将信道 2 分配给用户 3，将信道 1 分配给用户 4 等等，以及将信道 12 分配给用户 12。表 9 的第 4 列示出了分配给 12 个用户的信道。

然后，可根据用户的分配的信道并考虑施加到小区 2 和 3 的以表 4 中所示的补偿因子，计算用户的 C/I。表 9 中的第 5 列给出了用户可达到的 C/I（以 dB 表示）。对于 15dB 的设定值  $\gamma$ ，可以根据第 5 列给出的 C/I 计算用户的链路容限。第 6 列给出了关于 15dB 设定值的，当施加补偿因子时给予分配的信道中的每个用户的链路容限（以 dB 表示）。在该例子中，用户 2 至 12 享用正的容限，而用户 1 几乎能够达到其设定值。

然后可以正的链路容限的量（如果有的话）减少用户的补偿因子。可以把对补偿因子的调整作为信道分配处理的一部分系统地进行或作为功率控制方案的一部分而动态地进行。表 9 中的最后一列给出了达到 C/I 近似等于设



定值（即近似 0 的链路容限）所要求的补偿因子。可通过比较表 9 中的最后两列来观测出对于所要求的设定值补偿因子与原始补偿因子之间的减少。

表 9

用户	$I_2, I_3$	用户优先级	分配的 信道	带有补偿的 C/I (dB)	用初始补偿 因子的容限 (dB)	原始补 偿因子	C/I=15dB 所要求的实 际补偿因子
1	0.15811	12	4	14.773	-0.227	1.0000	1.000
2	0.05000	11	3	17.995	2.995	1.0000	0.502
3	0.01991	10	2	19.799	4.799	1.0000	0.331
4	0.01581	9	1	19.220	4.220	1.0000	0.378
5	0.00998	8	5	17.495	2.495	0.6310	0.355
6	0.00629	7	6	17.678	2.678	0.4467	0.241
7	0.00397	6	7	17.859	2.859	0.2818	0.146
8	0.00251	5	8	17.962	2.962	0.1995	0.101
9	0.00199	4	9	15.556	0.886	0.1259	0.103
10	0.00126	3	10	16.407	1.407	0.0794	0.057
11	0.00050	2	11	16.932	1.932	0.0355	0.023
12	0.00013	1	12	17.220	2.220	0.0112	0.007

如果分配的信道的 C/I 大于设定值，就有额外的链路容限。在这种情况下，可把用户的数据速率增加到满足中断标准的水平，或者可以多达链路容限的量来减少发射功率。可以对活动用户的每一个进行这些调整。

如果与可用信道的使用相关联的 C/I 比用户所要求的差，就不能实现所希望的性能。当这发生时，可有若干选项。在一个选项中，向用户的数据传送可以较低数据速率，使得满足中断标准。在另一选项中，在当前传送间隔期间不调度用户进行传送，并且是信道对一些其它用户可用。如果这发生，可增加未被调度的用户的优先级，从而使得在下一调度和分配间隔中较早地考虑该用户。

即使用功率补偿，组 1 中的一些用户也不能以 15dB 的设定值  $\gamma$  操作。当

有效 C/I 在设定值之下时，可把与这些用户相关联的数据速率降低至服从可接受的性能（如某一 BER、PER 或中断概率）的水平。然而，在一些情况中，有必要消除阻止这些用户以设定值操作的主要干扰源。为了实现这个目的，可把系统设计成根据用户的指定需要而适合补偿因子的自适应和/或信道中的设定值。

如上所述，所述补偿因子取决于以某一数据速率操作而具有某一性能级别的所要求的设定值  $\gamma$ 。实际上，所述设定值  $\gamma$  是用户选择的数据速率的函数。如果用户的数据速率可用，由方程（6）给出的中断条件概率是选定的数据速率的函数。

如果，根据用户的平均吞吐量更新了用户的优先级，也可以使信道分配考虑用户的数据速率指定。从而，分配给某一用户的信道是使用户的吞吐量在某一中断概率水平上最大的一条。例如，信道分配处理首先对于给定的可用信道列表估计对用户最佳的信道。然后将满足所希望的中断概率标准的最大数据速率指定给该信道的用户。

还可以按需调整最大和最小补偿因子。例如，可根据系统负载来调整这些最大和最小限制。

对于上述例子，当系统负载不大于每小区 4 个用户时，小区 1 把用户指定给信道 1 至 4，小区 2 把用户指定到信道 5 至 8，而小区 3 把用户指定到信道 9 至 12。在该例子中，所有这些信道以满功率操作，使得可把用户的数据速率调整到使所分配的信道中的指定用户的吞吐量最大的值。然而，如果降低系统设定值，那么这些信道的一些就可能具有补偿因子，以便即使在所考虑的负载处无邻近的小区干扰，也阻止这些信道以满功率操作。从而当小区中的负载是 4 个用户或更少时，希望将信道 1 至 4 的补偿因子设置为 1，使可实行满功率（如提供额外的链路容限）。

## 第 2 设计实例

在第 2 设计实例中，向小区的每一个分配可用资源的一部分，并且随后小区以满功率在分配的资源上发射。当负载增加时，每个小区还可在未分配的信道上发射。

在此第2设计中,向具有较高干扰容忍度的用户分配具有较高的拥有较大干扰电平的概率的信道。认为在任一小区中的用户一般不具有相同的干扰容忍度,并且每个小区可把该特性用于分配信道之中。随着每个小区中的负载增加,就使对很可能彼此互相干扰的用户的吞吐量的影响最小,因为这些用户具有较高的干扰容忍度。

在一个实施例,向小区提供描述小区中的每个活动用户由于来自其它小区的传送而所经受的干扰的信息。当活动用户的数量超过分配的信道的数量时,然后小区可选择具有较高干扰容忍度的用户,并将该用户置于重叠的(非正交的)信道中,该信道向该用户提供最佳的总体C/I。

为了较佳地理解本发明,现在描述详细例子,其中使用3小区复用方案,并且小区1包括5个活动用户。

表10给出了小区1中的5个活动用户的每一个的干扰约束。为了简化该例子,作出下面的假设:(1)忽略热噪声,(2)小区1中的所有用户具有相同的对小区1的通路损耗,以及(3)当小区活动时,所有的小区以相同的固定功率电平发射(即无功率补偿和无功率控制)。这意味着对于所有用户,所接收到的信号功率是相同的(即 $C=I_1(1,k)=1$ )。

根据上述的假设,表10中的第2列给出了对于小区中的每个用户的来自邻近小区2的干扰电平 $I_1(2,k)$ ,而第3列给出了来自邻近小区3的干扰电平 $I_1(3,k)$ 。 $I_m(l,k)$ 的命名表示对于某一信道的来自小区 $l$ 的传送对小区 $m$ 中的用户 $k$ 的干扰。第4列给出了在小区3不在发射的条件下(再次假设 $C=1$ )的小区1中的用户的C/I。类似地,第5列给出了在小区2关断的条件下的小区1中的用户的C/I。第6列给出了在用户具有小区2和小区3的干扰两者的条件下的用户的有效C/I。例如,可根据由小区发射的导频来确定所述干扰和C/I。还可以在安装时(如对于固定终端)确定这些量,或通过用户来动态地确定,并提供给小区。

最后一列是与小区中的每个用户相关联的等级,其中等级1一般指示出最高优先级。根据系统的总体目标,等级划分可基于若干等级划分方案,下面描述了这些方案中的一些。如简单的等级划分方案的例子,根据用户的总体平均吞吐量来划分用户的等级。在该例子中,与用户相关联的等级与用户

的  $C/I$  成反比例（即最低  $C/I$ =最高优先级）。

表 10

用户 $k$	小区 2 干扰 $I_1(2, k)$	小区 3 干扰 $I_1(3, k)$	$C/I_1(2, k)$	$C/I_1(3, k)$	$C/I(k)$	用户 等级
1	0.5	0.3	2	3.33	1.25	1
2	0.3	0.4	3.33	2.5	1.43	2
3	0.2	0.1	5	10	3.33	3
4	0.1	0.05	10	20	6.67	4
5	0.01	0.05	100	20	16.67	5

信道分配可考虑相邻小区中的负载，使得首先分配较不可能由相邻小区使用的信道。可以由相邻小区提供或由本地小区估计负载信息。然后，所述负载信息可用于计算邻近小区在所感兴趣的传送周期中正在使用某一信道的概率。由于小区根据类似的信道分配规则而操作，可本地地计算或估计邻近小区占用给定信道的概率。

表 11 列表示出对于 3 小区系统的信道占用概率  $P_m(n)$  的详细例子，其中  $P_m(n)$  表示占用了小区  $m$  的信道  $n$  的概率。表 11 的第 2 列给出了小区 1 将把小区中的活动用户指定给某一信道号（即  $n=1, 2, \dots, 12$ ）的概率。类似地，第 3 和 4 列分别给出了小区 2 和 3 将把活动用户指定给某一信道号的概率。在该例子中，把分配给 3 个小区的信道偏移 4 条信道，并且这在 3 个小区的信道占用概率  $P_m(n)$  中反映出。

在该简单例子中，每个小区同时地服务大约平均 4 个用户。将每个小区中的两个用户指定到中间的分配的信道，以使来自其它小区的干扰最小。例如，在小区 1 中一般把两个用户指定到信道 2 和 3，在小区 2 中，一般把两个用户指定到信道 6 和 7，在小区 3 中一般把两个用户指定到信道 10 和 11。在该例子中，较不可能把用户指定到较远离中间的信道。从而，对于小区 1，把用户指定给信道 4 是把它指定给信道 3 的概率的一半，并且把它指定给信道 5 是把它指定给信道 3 的概率的四分之一，等等。

在该简单例子中，对于所有 3 个小区来说，负载是相同的，并且每个小区的信道占用概率仅是对于邻近小区的信道占用概率的偏移版本。可注意到

通过估计相邻小区中的负载，小区中的任何一个都可本地地导出这张表。

表 11

信道 n	$P_1(n)$	$P_2(n)$	$P_3(n)$
1	0.5	0.03125	0.25
2	1	0.0625	0.125
3	1	0.125	0.0625
4	0.5	0.25	0.03125
5	0.25	0.5	0.03125
6	0.125	1	0.0625
7	0.0625	1	0.125
8	0.03125	0.5	0.25
9	0.03125	0.25	0.5
10	0.0625	0.125	1
11	0.125	0.0625	1
12	0.25	0.03125	0.5

表 12 列表示出使用方程 (11) 对所有 12 条可用信道的对小区 1 的全部 5 个活动用户计算的信道度量  $h_m(n,k)$ 。第 1 列列出了 12 条信道 1 至 12。第 2 至 6 列的每一列列出了为某一用户  $k$  计算出的信道度量  $h_m(n,k)$ 。使用表 11 中所提供的信道占用概率  $P_m(n)$  以及表 10 所提供的小区干扰  $I_m(l,k)$  计算出表 12 中的信道度量。

例如，可如下计算对信道 1 的用户 1 的信道度量  $h_m(n,k)$ ：

$$h_1(n,1) = I_1(1,1) \cdot \left[ \begin{array}{l} P_2(1) \cdot (1 - P_3(1)) \cdot I_1(2,1) \\ + P_3(1) \cdot (1 - P_2(1)) \cdot I_1(3,1) \\ + P_2(1) \cdot P_3(1) \cdot (I_1(2,1) + I_1(3,1)) \end{array} \right]^{-1}$$

表 12

信道 n	用户				
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
1	11.03	9.14	32.00	64.00	73.99
2	14.55	14.55	40.00	80.00	131.96

3	12.31	16.00	32.00	64.00	196.92
4	7.44	11.43	18.82	37.65	209.84
5	3.86	6.15	9.70	19.39	125.49
6	1.93	3.08	4.85	9.70	53.33
7	1.86	2.86	4.71	9.41	36.36
8	3.08	4.00	8.00	16.00	34.78
9	3.64	3.64	10.00	20.00	25.81
10	2.76	2.29	8.00	16.00	16.00
11	3.02	2.39	8.89	17.78	17.78
12	6.04	4.78	17.78	35.56	37.43
用户等级	1	2	3	4	5
分配的信道	2	3	1	4	5

如从表 12 中所述的那样，小区 1 中的所有用户的信道度量一般在信道 2 和 3 周围较高（分配给小区 1 的中间信道），并且趋于从中间逐渐减少。同样地，对于该例子，用户 1 具有最低的度量组，而用户 5 具有最高的度量组，其中度量从左向右渐进增加。

在信道分配方案的一个实施例中，根据诸如表 12 中所提供的之类的用户的等级和一组信道度量来分配信道。

可使用各种信道分配方案来向用户分配信道。这些方案可以分配结果的复杂程度和以最优性（即质量）进行排列。下面描述了一些方案来说明本发明。然而，还可应用其它方案，并且它们处于本发明的范围之内。

在易于实现的详细信道分配方案中，将最佳可能的信道分配给从最高优先级用户开始的连续较低优先级的用户。较高优先级的用户较不能容忍干扰，并对其分配较佳的信道。从而，向用户 1（最高优先级用户）分配对应于其最高度量 14.55 的信道 2。然后从小区中的可用信道列表中除去信道 2。接着，向用户 2（第 2 最高优先级用户）分配对应于其最高度量 16.00 的信道 3，并且然后从所述列表中除去信道 3。用户 3（第 3 最高优先级用户）具有信道 2 的最高度量，但是向其分配信道 1，因为已经分配了信道 2 和 3，并且它们不可用。类似地，向用户 4 分配对应于其第 4 最高度量的信道 4，因为已分配了

信道 1 至 3。最后，向用户 5 分配在可用信道中具有最高度量的信道 5。在表 12 的最后一行中列出了分配给每个用户的信道。

在一个实施例中，如果在信道分配期间存在平局关系（即如果不止一条信道与相同或相似的信道度量相关联），则不立即分配信道。相反，标记那些导致平局的信道，并且继续进行其它较低优先级用户的估计。如果下一用户具有与所述标记的信道的任何一条相关联的最大度量，那么可把该信道分配给该用户，并从可用信道列表中除去该信道。当把指定用户的标记的信道列表减少至 1 时，把剩下的信道分配给标记该信道的最高优先级用户。

在作为上述之一的变型的另一信道分配方案中，在信道分配中可考虑与信道相关联的信道度量之间的差异。在一些情况中，不向最高优先级用户分配具有最高度量的信道可能是较佳的。例如，如果某一用户具有若干具有近似类似度量的信道，或者如果若干信道可提供所要求的 C/I，则可向该用户分配若干信道中的一条并且仍然适当地服务所述用户。如果较低优先级用户具有其与较高优先级用户相同的最佳信道，并且如果在第 2 最高优先级用户的最佳和第 2 最佳信道之间有大的不同，那么向较高优先级用户分配其第 2 最佳信道，以及向较低优先级用户分配其最佳信道是较佳的。例如，如果用户 1 具有对于信道 2 和 3 类似的信道度量，并且下一较低优先级用户 2 具有大的多的信道 3 的信道度量，那么可向用户 1 分配信道 2，以及向用户 2 分配信道 3。

在又一信道分配方案中，最高优先级用户标记可提供所要求的性能的可用信道（类似于上述的标记约束的信道）然后下一较低优先级用户标记其可接受的信道。然后这样进行信道分配，使得首先向较低优先级的用户分配信道，但是保留较高优先级用户所需的信道。

在又一信道分配方案中，通过考虑小区中的活动用户组上的信道分配的大量排列，可更佳地把信道分配给小区中的活动用户。在这种情况下，不是仅以用户的度量和优先级来进行某一用户的信道决定。在一个实现中，可以把用户的优先级转换成用于缩放小区中的信道分配的计算中的度量的加权。

对于本发明的这种和其它实施例，自适应地降低（在这里也被成为“小区半阻塞（dimming）”）或禁用（在这里也被成为“小区全阻塞（blanking）”）

在受影响的小区中的阻止处于不利地位的用户达到它们的设定值的发射机，以减少对处于不利地位的用户的干扰。可用若干不同的方式实现小区半阻塞和全阻塞。在一个实施例中，从系统中的用户收集信息，并且半阻塞或全阻塞最小量的小区，以便满足覆盖范围内的所有用户的最小要求。使用集中式的控制或分布式控制可实现小区的控制。

在一个实施例中，通过收集关于对于每个用户的干扰环境（如传播损耗环境）的信息来实现所述小区半阻塞或全阻塞。例如，每个用户可测量来自每个小区的超过某一阈值的接收信号电平。可由小区对所接收的来自发射用户的信号进行类似的测量。经收集的信息可用于估计当仅启用一小区子集时，某一用户的 C/I。然后使用该信息来选择在给定时间间隔发射的用户子集，使得对于给定的一组约束，使系统吞吐量最大化。

上面设计实例说明了本发明的某些方面的组合的详细实现。还可以用许多方式组合本发明的各种方面和实施例，来实现许多不同的通信系统。

### 用自适应复用得到的改进

根据本发明的一些方面，自适应地分配可用系统资源，以实现较大效率并满足系统要求。为了实现高频谱效率，希望使用尽可能接近于 1 的复用因子，而仍然满足上述的性能标准。对于常规的固定复用模式，一般这样设置复用因子，使得对于指定百分比的覆盖范围满足最小数据速率要求。当设计成满足最差情况要求（如 1% 的中断概率）时，常规固定复用模式是非常无效的，因为它不支持对可用资源的灵活的自适应来改变系统条件，以实现高频谱效率。

本发明的自适应复用方案所提供的平均性能中的改进可由 Monte-Carlo 系统模拟来估计，所述模拟把平均复用估计为满足某一特定最小数据速率要求（即某一特定设定值）所要求的 C/I 的函数。对于该模拟，把复用利用定义为活动小区的数量与小区的总数的比值。在所述系统模拟中，估计大量的通信量分布实现（或仅仅是实现）。

对于具有六边形小区布局并在每个小区中利用公共频率的理想化的蜂窝网系统，可以计算在理想化的小区中达到的 C/I 的分布。由任何给定用户达



到的 C/I 是通路损耗的函数, 对于陆地蜂窝网系统来说, 它一般按  $d^3$  至  $d^4$  增加, 其中  $d$  是从用户至辐射源的距离。在所述模拟中, 每个实现将用户均匀地置于小区之中。所述用户具有 30 度的有效接收天线波束宽度。在小区处使用全向天线。以 dB 表示的通路损耗  $L$  遵循基于用户至小区的距离  $d$  的 35dB/10 倍程的损耗斜率。可以把用户  $k$  至小区  $m$  的通路损耗  $L_m(k)$  表示成:

$$L_m(k) = 35 \cdot \log_{10}(d_m(k)).$$

由于无线电波的传播通路中的人造和自然的阻塞, 所述通路损耗受到随机变化。一般按具有 8dB 的标准偏差的对数正态遮蔽随机过程来模拟这些随机变化。由以 dB 表示的  $L_m(k)$  加上具有 0 均值以及 8dB 的标准偏差的正态分布的随机变量  $x$  的和来给出实际通路损耗  $\hat{L}_m(k)$ , 并且可把它表示成:

$$\hat{L}_m(k) = L_m(k) + x_m(k).$$

图 7 中示出了为具有全向基站天线和具有 8dB 标准偏差的遮蔽处理的理想的六边形蜂窝网布局而实现的 C/I 分布。

将最大小区发射功率归一化为 1, 并由下式给出来自小区  $m$  的对于用户  $k$  的接收功率  $I_m(k)$ :

$$I_m(k) = 10^{-\hat{L}_m(k)}$$

用户的主小区是与最大接收信号电平相关联的小区, 可如下表示:

$$C_m(k) = \max_{n \in N_{\text{小区}}} \{I_n(k)\}$$

邻近小区表示干扰项, 并且可以把它们的最大干扰功率表示成:

$$\hat{I}_m(k) = \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq m}}^{N_{\text{小区}}} I_n(k)$$

对于所述模拟中的每种实现, 在系统的每个小区中随机地布置用户 (如均匀分布)。然后从每个小区至每个用户估计中值通路损耗。

可用若干方法来估计要传送到每个用户的功率。在所述模拟中, 根据满功率假设来估计发射功率, 即用户根据满功率假设估计来自每个小区的信号电平。给定这个条件, 某些有利的用户将观测到超过设定值的 C/I 电平。在这些情况下, 小区可以关于所观测到的该用户的容限来减少所述发射功率 (即以所观测到的 C/I 与设定值之间的差来减少)。由于不是所有的小区都将以满足功率操作, 系统中的用户的实际 C/I 将大于所述模拟中计算出的 C/I。更精确地

确定每个用户所要求的功率电平也是可能的，这可导致较佳的频谱效率。

对于每个实现，对每个用户划分干扰小区的发射功率的等级。然后，用于所述模拟中的自适应复用方案随机地选择一个用户来开始。为该用户确定要禁用（即禁用发射机）以便满足设定值的小区的最小数量。这可通过根据干扰小区功率的分级列表（如从最低向最高发射功率分级），递增所述干扰功率而重复估计该用户的 C/I 来实现。对于每个正被估计的小区，如果由于建立小区的结果，经测量的 C/I 低于设定值，那么就禁用对于该用户的分级列表上的当前的和剩余的干扰小区。然后所述模拟从活动小区的剩余列表中随机地选择另一小区，并继续，直到没有更多的活动小区要估计为止。对每一种实现记录被定义成启用的小区数与小区总数的比值的复用系数。

图 12 示出了对于两个不同的散射环境的作为设定值的函数的平均复用系数的曲线。对于标记为“无多径”的曲线，示出了所述复用系数对于小于 12dB 的设定值来说非常接近于 1.0。当增加设定值时，必须禁用更多的小区，以实现所述设定值，并且复用系数下降。这种自适应复用方案实现了比固定复用方案大的多的频谱效率。当多径散射普遍时，还观测出平均复用较低。这是因为当使用定向天线时，为预防干扰小区而提供的隔离由于能量的随机散射而较不有效。当存在散射时，平均来说必须禁用大量的小区，以便满足所述设定值。

表 13 示出了用模拟的自适应复用方案可获得的频谱效率。在表 13 中，对从 10 至 26dB 中的增量间隔 2dB 的各个设定值计算了频谱效率。表 13 是对于无多径条件计算的，并假设系统以指定的设定值操作每条链路。

对于每个设定值，从图 12 中确定对应于该设定值的平均复用，并在第 2 列中给出。从表 1 中确定该设定值的调制效率，并在第 3 列中给出。通过用调制效率乘以所述平均复用来计算出频谱效率。例如，对于 14dB 的设定值，从图 12 中所确定的平均复用是大约 0.95。从表 1 中，要求至少 12.6dB 的 C/I 来实现使用 8PSK 的 1% 的 BER，这对应于 3 比特/Hz 的调制效率（对于 16QAM，将至少要求 14.3dB）。从而可以把频谱效率计算为 2.85（即  $0.95 \cdot 3$ ）。

表 13

设定值 (dB)	平均 复用	调制效率 (bps/Hz)	频谱效率 (bps/Hz/小区)
10	0.99	2	1.98
12	0.98	2	1.96
14	0.95	3	2.85
16	0.90	4	3.61
18	0.83	5	4.16
20	0.74	5	3.69
22	0.64	6	3.83
24	0.54	6	3.24
26	0.45	6	2.68

在将与这里所模拟的自适应复用方案相关联的频谱效率与常规固定复用方案的频谱效率的比较中，可以容易地观测出频谱效率中的改进。自适应复用方案中的设定值大约保证（即中断概率 $\approx 0.0$ ）最差情况的用户可实现最低的性能要求，可以把该最低性能要求定义为对于某一特定百分比时间的某一特定最小数据速率。

在表 13 中，可注意到在 18dB 的设定值处实现最大的频谱效率。在该设定值处，每个链路以 5bps/Hz 的调制效率操作。在该工作设定值处的平均复用是大约 0.83，这给出了 4.16bps/Hz/小区的总体频谱效率。固定复用方案具有显著低于此的频谱效率。例如，使用 7 小区复用模式，在类似的 1% 中断概率处可实现 0.82bps/Hz/小区的频谱效率。从而，这种自适应复用方案以较低的中断概率实现了近 5 倍于固定复用方案的频谱效率。

在所述模拟中，不进行优化。随机地选择要被处理的用户，并且不实施对要禁用的小区的“最佳”组合的搜索。用较智能的控制方案，搜索比用于所述模拟中的随机解较佳的解是可能的。

可使用次最优的控制方案，实现接近于最优解所提供的性能。而且最好是将控制方案的复杂程度最小，并且减少对小区间的实时协作的依靠。可以

设计分散的资源分配，调度和信道分配，来试图实现该目的。

对诸如上述美国专利申请序列号[代理人文档号 PD000151]中描述的一个这类的多输入多输出（MIMO）通信系统，对于 5 个不同的复用方案，进行了另一组模拟。

图 13A 是对于具有 4 个发射天线和 4 个接收天线的 4×4 MIMO 通信系统的以 C/I 的函数形式给出的用户的吞吐量的曲线。

图 13B 是描述用于模拟的小区布局的图。在该模拟中，把中间的 21 小区（即图 13B 中划上阴影线的群）嵌于无限的小区平面（即理想化的六边形小区布局）中。对所述中心群 21 个小区中的用户测量性能。可以如上所述计算来自自主小区的接收功率和来自相邻小区的接收干扰项。

使用已定的补偿因子和复用方案可为某一小区中的用户估计该小区的信道度量。如上所述，根据所计算的信道度量和其它因素，可划分用户的优先级。根据小区中的活动用户的优先级从最高至最低优先级用户而将信道分配给用户。指定给小区  $m$  中的信道  $n$  的用户  $k$  具有下式给出的所观测出的 C/I:

$$C/I = \frac{\beta_m(n) \cdot C_m(k)}{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^{N_{\text{小区}}} \beta_i(n) \cdot I_i(m, k)},$$

其中  $\beta_i(n)$  是小区  $i$  的信道  $n$  中的补偿因子。

对于每种实现，为所述 21 个小区中的每一个中的用户的每一个记录各种性能测量（如每小区平均吞吐量、用户 C/I 分布、用户数据速率分布等等）。模拟了大量的实现，以在性能测量中提供足够的置信度。

在所述模拟中估计了若干复用方案。这些复用方案如下所述：

- 复用方案 A：单复用、随机信道分配以及无功率控制。

以随机的方式向用户分配信道。使用单复用，使得小区可向用户分配任何可用信道。使用无功率控制，并且所述信道以满功率操作。允许用户以它们所达到的 C/I 允许的最大数据速率（如图 13A 中所描述的那样）操作。

- 复用方案 B：单复用、随机信道分配以及功率控制。

除了对具有正的容限（假设所有小区以满功率操作而测量所述容限）的用户使用功率控制之外，类似于复用方案 A。将分配给用户的发射

功率减少至满足 15dB 的设定值所要求的功率。

- 复用方案 C: 3 小区复用、强加功率补偿、基于度量的信道分配、基于 C/I 的用户优先级, 以及无功率控制。

对于图 13B 中所描述的 21 小区群中 7 个由 3 小区组成的子群, 使用  $N_f=3$  的复用计划。向子群中的每个小区分配  $N_s=4$  条信道, 产生每小区  $N_c=12$  条信道可用于分配。强加表 4 中给出的补偿结构, 它被设计成在 12 条信道中的 11 条中达到 15dB 设定值。以由方程 (12) 给出的期望的 C/I 信道度量的方式进行信道分配。用户优先级是基于在 12 条信道上平均的信道度量。不实施功率控制, 并且用于每条信道的补偿因子保持为表 4 中所指示出的固定电平。

- 复用方案 D: 3 小区复用、强加功率补偿、基于度量的信道分配、基于 C/I 的用户优先级以及功率控制。

除了对于具有正的容限的用户实施功率控制之外, 类似于复用方案 C。将对每条信道所使用的补偿因子减少 (即减少发射功率) 至满足 15dB 的设定值所要求的电平。

- 复用方案 E: 3 小区复用、强加功率补偿、基于度量的信道分配、基于平均可能吞吐量的用户优先级以及功率控制。

除了使用表示每个用户在 10 个分配间隔 (如 10 个帧) 上的累积 “可能” 吞吐量的用户优先级来进行信道分配之外, 类似于复用方案 D。所述可能吞吐量是基于上述 “可实现” 的数据速率的。对于每种用户实现, 以顺序的方式进行 10 信道分配。对于第 1 帧, 用户优先级是基于使用方程 (12) 计算出的信道度量的平均。通过在 10 帧的平均间隔中的所有先前帧中用户达到的可能吞吐量的和而给出在后续帧中的用户优先级。例如, 在帧 5 中的用户优先级是用户在帧 1、2、3 和 4 中达到的可能吞吐量的和。

表 14 给出了对于不同小区负载以及对于上述 5 种复用方案中的每一个的, C/I 小于 15dB 的设定值的概率。对于某一负载, 复用方案 A 具有最高百分比的低于设定值的 C/I 的用户。复用方案 B 表明通过功率控制, 显著地减少了具有低于设定值的 C/I 的用户的百分比。复用方案 C 示出用固定

补偿因子而无功率控制，相对于复用方案 A 的结果，实现了具有低于设定值的 C/I 的用户的数量中的减少。复用方案 D 说明了当连同补偿因子一起而使用功率控制时，比仅使用功率控制的复用方案 B 改进了性能。最后，复用方案 E 示出了相对于复用方案 D 的轻微降低，这是通过由于在 10 帧平均的间隔期间发生的重优先划分而产生的用户在信道上的移动造成的。然而，如下所述，所述移动改进了一些处于不利地位的用户的平均性能，这降低了它们的中断概率。

表 14

小区负载 (用户数)	复用方案 A	复用方案 B	复用方案 C	复用方案 D	复用方案 E
1	0.012810	0.005619	0.033810	0.005524	0.004286
2	0.031143	0.012214	0.036905	0.008667	0.007714
3	0.044159	0.018079	0.035079	0.013095	0.008619
4	0.060774	0.024476	0.045833	0.015869	0.017655
5	0.077419	0.029724	0.042286	0.017105	0.015229
6	0.094413	0.036516	0.046984	0.019595	0.020825
7	0.107231	0.044585	0.051769	0.019952	0.023014
8	0.128702	0.052351	0.062262	0.023393	0.026226
9	0.150847	0.059386	0.070212	0.026074	0.035439
10	0.168419	0.065781	0.080714	0.031314	0.042857
11	0.191372	0.074481	0.100043	0.036874	0.053866
12	0.209246	0.081190	0.144643	0.055512	0.082306

5 个复用方案的每一个的吞吐量一般符合某一分布，该分布具有某一中间（或平均）值、某一标准偏差以及在该分布一端或两端形成尾状。所述分布的形状取决于所使用的某一复用方案。对于复用方案 A，在其中不使用功率控制或功率补偿，并且允许用户以它们的 C/I 所指示出的最大可达到的数据速率传送，该分布具有较高均值以及较高的标准偏差。当施加较多的控制（如功率补偿和功率控制）时，分布的平均值一般降低（作为限制对有利用户的发射功率从而限制它们的数据速率的结果）但是该分布的标准偏差也降低（由

于施加了控制而改进了处于不利地位的用户的性能)。所施加的控制影响分布的形状, 并从而影响系统的性能。

表 15 给出了以 5 种复用方案的每一个的负载为函数的每信道的平均吞吐量。对于复用方案 A, 每信道的平均吞吐量从低负载的 1.66bps/Hz 变化到满负载的 1.33bps/Hz。在对于复用方案 A 的模拟中, 允许用户的数据速率随所达到的 C/I 而变化(根据图 13A)。复用方案 A 具有 5 种复用方案中最高的平均吞吐量, 但是每信道所观测到的用户数据速率的范围是大的。这意味着, 根据在已分配的信道中所达到的 C/I, 不同的用户将经受不同的服务级别。

复用方案 B 至 E 限制发射功率, 以试图实现 15dB 的设定值, 这对应于 0.96bps/Hz/信道的 0.96 的峰值吞吐量。如表 14 中所指示出的那样, 通过限制发射功率, 减少了干扰电平, 并且具有差 C/I 的用户的百分比减少。限制发射功率的代价是相对于复用方案 A 而减少的每信道平均吞吐量。表 15 中给出的性能数据示出即使在满负载时, 每信道的平均吞吐量也合理地接近于 0.96bps/Hz/信道。

表 15

小区负载 (用户数)	复用方案 A	复用方案 B	复用方案 C	复用方案 D	复用方案 E
1	1.664	0.957	0.949	0.957	0.957
2	1.648	0.955	0.951	0.956	0.957
3	1.635	0.953	0.949	0.955	0.956
4	1.601	0.951	0.946	0.955	0.954
5	1.563	0.950	0.948	0.954	0.954
6	1.528	0.948	0.947	0.953	0.953
7	1.498	0.946	0.946	0.953	0.953
8	1.461	0.944	0.945	0.952	0.952
9	1.422	0.942	0.943	0.952	0.950
10	1.395	0.940	0.940	0.951	0.947
11	1.362	0.938	0.937	0.950	0.945
12	1.335	0.936	0.927	0.946	0.937

在许多通信系统中，把最小平均吞吐量要求强加于覆盖范围中的所有用户。因此，除了检查每信道平均吞吐量之外，具有超过某一最小要求的平均吞吐量的用户的百分比一般是重要的。

图 13C 是对于 5 个复用方案的每一个，平均用户吞吐量落在 x 轴上给出的值之下的概率的曲线。图 13C 中所示的结果是对于满负载的小区（即占用每个小区中的所有 12 条信道），并说明了在满足最小平均吞吐量要求的基础上每个复用方案的有效性。例如，复用方案 A 对 90% 的用户实现 0.7bps/Hz/信道的最小平均吞吐量，而复用方案 E 对 99% 的用户实现该吞吐量。观察结果的另一种方式是检查对某一百分比的用户（如对于 99% 的用户或 99% 的覆盖要求）所达到的最小平均吞吐量。对于 99% 的覆盖要求，复用方案 A 实现 0.25bps/Hz/信道的最小平均吞吐量，而复用方案 E 实现该值的 3 倍，或 0.75bps/Hz/信道。

## 系统设计

可在诸如上述全部转让给本发明的受让人并按引用而结合于此的美国专利申请序列号 09/532,492 和 08/963,386，以及美国专利号 5,103,459 中描述的任一个之类的众多通信系统中实现如上所述的发明。

图 14 是能够实现本发明的一些方面和实施例的多输入多输出（MIMO）通信系统 1400 的图。如上述美国专利申请号 09/532,492 中所描述的那样，通信系统 1400 可在操作上提供天线、频率和时间分集的组合以增加频谱效率、改进性能以及增强灵活性。

如图 14 中所示，通信系统 1400 包括与第 2 系统 1420 通信的第 1 系统 1410。系统 1410 包括（发射）数据处理器 1412，它（1）接收或产生数据，（2）处理该数据以供给天线、频率或时间分集或它们的组合，以及（3）将经处理的调制符号提供给若干调制器（MOD）1414a 至 1414t。每个调制器 1414 进一步处理所述调制符号，并产生适合于传送的 RF 已调信号。然后从各自的天线 1416a 至 1416t 在通信链路 1418 上将来自调制器 1414a 至 1414t 的 RF 已调信号发送到系统 1420。

在图 14 所示的实施例中，系统 1420 包括若干接收天线 1422a 至 1422r，



它们接收所发送的信号并将所接收的信号提供给各自的解调器 (DEMOD) 1424a 至 1424r。如图 14 所示, 根据诸如 (例如) 在系统 1410 处所使用的操作模式、发射和接收天线的方向性、通信链路的特性以及其它之类的若干因素, 每个接收天线 1422 可接收来自一个或多个发射天线 1416 的信号。每个解调器 1424 使用与在发射机处所使用的调制方案互补的解调方案来解调各自的接收信号。然后将来自解调器 1424a 至 1424r 的经解调的符号提供给 (接收) 数据处理器 1426, 该处理器进一步处理所述符号以提供输出数据。在上述美国专利申请序列号 09/532, 492 中进一步详细描述了在发射机和接收机单元处的数据处理。

在系统 1410 中, 资源分配处理器 1430 耦合至数据处理器 1412 并耦合至调制器 1414a 至 1414t。资源分配处理器 1430 收集表现出系统的操作条件的数据, 定义复用计划, 接收用户对数据传送的请求、执行被请求的传送的调度, 向活动用户分配信道以及协调数据传送。可以把资源分配处理器 1430 设计成实现上述本发明的各种方面和实施例。

在系统 1420 中, 信道表征处理器 1440 耦合至数据处理器 1426, 并 (可能) 耦合至解调器 1424a 至 1424r。信道表征处理器 1440 处理所接收的采样来确定所接收的信号和/或通信链路的各种特性 (如 C/I、FER 等等)。例如, 可把信道表征处理器 1440 设计并操作成确定来自系统 1420 可与之通信的各个小区的信号的 C/I, 它可用于选择主小区。信道表征处理器 1440 还可确定来自相邻小区的干扰, 使得可请求引起过度干扰的小区减少或禁用它们的发射功率, 以允许系统 1420 达到其设定值。系统 1420 将经表征的参数发送到感兴趣的小区。

图 14 仅示出了从系统 1410 至系统 1420 的下行链路。这种配置可用于数据广播和其它单向数据传送应用。虽然为简化起见, 在图 14 中未示出, 但是在双向通信系统中, 还提供从系统 1420 至系统 1410 的上行链路。对于双向通信系统, 根据数据是从单元发射还是在单元处接收, 系统 1410 和 1420 的每一个可作为发射机单元或接收机单元或两者同时而操作。

为简化起见, 示出通信系统 1400 包括一个发射机单元 (即系统 1410) 和一个接收机单元 (即系统 1420)。然而, 通信系统的其它变型和配置是可能

的。例如，在多用户、多址通信系统中，可使用单个发射机单元同时向若干接收机单元发射数据。同样地，以类似于 IS-95 CDMA 系统中的软越区切换的方式，接收机单元可同时接收来自若干发射机单元的传送。所述通信系统可包括任何数量的发射机和接收机单元。

诸如图 14 中所示的那样，每个发射机单元可包括单个发射天线或若干发射天线。类似地，再次如图 14 中所示的那样，每个接收机单元可包括单个接收天线或若干接收天线。例如，通信系统可包括具有中央系统（即类似于 IS-95 CDMA 系统中的基站），它将数据发送到若干远程系统（即订户单元、类似于 CDMA 系统中的远程站）或接收来自它们的数据，这些远程系统中的一些可包括一个天线，而另一些可包括多个天线。一般地，如上述美国专利申请序列号 09/532,492 中所述，当发射和接收天线增加时，天线分集增加，并且性能提高。

图 15 是图 14 中的系统 1410 的数据处理器 1412 和调制器 1414 的实施例的框图。把要由系统 1410 发射的包括所有数据的集合输入数据流提供给数据处理器 1412 中的解多路复用器（DEMUX）1110。解多路复用器 1110 将输入数据流解复用成若干（K）信道数据流  $S_1$  至  $S_k$ 。例如，每条信道数据流可对应于信令信道、广播信道、话音呼叫或话务数据传送。把每条数据流提供给各自的编码器 1112，它使用某一编码方案对数据进行编码。

所述编码可包括纠错编码或检错编码或两者，使用它们来增加链路的可靠性。特别地，例如这样的编码可包括交错、卷积编码、Turbo 编码、格栅编码、块编码（如 Reed-Soloman 编码）、循环冗余校验（CRC）编码以及其它。在 1998 年 12 月 4 日申请的名为“TURBO CODE INTERLEAVER USING LINEAR CONGRUENTIAL SEQUENCES”的美国专利申请序列号 09/205,511 中，以及在下文中被称作 IS-2000 标准的名为“The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission”的文档中进一步详细描述了 Turbo 编码。

如图 15 所示，可以每信道的方式，即在每条信道数据流上，进行所述编码。然而，还可以在所述集合输入数据流上、在若干信道数据流上、在一条信道数据流的一部分上、跨越一组天线、跨越一组子信道、跨越一组子信道和天线、跨越每个子信道、在每个调制符号上或在一些其它时间、空间和频

率单元上进行所述编码。然后把来自编码器 1512a 至 1512k 的经编码的数据提供给数据处理器 1520，它处理所述数据以产生调制符号。

在一个实现中，数据处理器 1520 在一个或多个时隙以及在一个或多个天线上，将每条信道数据流指定给一条或多条子信道。例如，对于对应于话音呼叫的信道数据流，数据处理器 1520 将以该呼叫所需的多个时隙，在一个天线（如果未使用发射分集）或多个天线（如果使用发射分集）上分配一条子信道。对于对应于信令或广播信道的信道数据流，再次根据是否使用发射分集，数据处理器 1520 可在一个或多个天线上分配指定的子信道。然后数据处理器 1520 为对应于数据传送的信道数据流分配剩下的可用信道。由于数据传送的突发性以及对延迟的较大容忍度，数据处理器 1520 能够这样分配可用信道，使得实现高性能和高效率的系统目标。这样“调度”数据传送以实现系统目标。

在将每条信道数据流指定到各自的时隙、子信道和天线之后，使用多载波调制对所述信道数据流中的数据进行调制。在一个实施例中，使用正交频分复用（OFDM）调制来提供许多优点。在一个 OFDM 调制的实现中，把每条信道数据流中的数据分组成块，每个块具有某一数量的数据比特数。然后把每个块中的数据比特指定给与该信道数据流相关联的一条或多条子信道。

然后将每个块中的比特解复用成分开的子信道，每条子信道传递可能不同的比特数（即根据子信道的 C/I 和是否使用 MIMO 处理）。对于这些子信道的每一条，使用与该子信道相关联的某一调制方案（如 M-PSK 或 M-QAM）将所述比特分组成调制符号。例如，用 16-QAM，信号构象由复平面（即  $a+j*b$ ）上的 16 个点组成，其中所述复平面中的每个点传送 4 比特信息。在 MIMO 处理模式中，子信道中的每个调制符号表示调制符号的线性组合，可从不同的构象中选择所述调制符号的每一个。

L 个调制符号的集合形成 L 维的调制符号矢量  $V$ 。所述调制符号矢量  $V$  的每个元素与具有唯一频率或音调的特定子信道相关联，在所述子信道上传送调制符号。这些 L 个经调制的符号的集合彼此都是正交的。在每个时隙和对于每个天线，使用反向快速傅里叶变换（IFFT）把对应于 L 条子信道的 L 个调制符号组合成 OFDM 符号。每个 OFDM 符号包括来自指定给 L 条子信道的信

道数据流的数据。

在按引用而结合于此的 1990 年 5 月的 IEEE 通信杂志中 John A. C. Bingham 的名为 “Multicarrier Modulation for Data Transmission : An Idea Whose Time Has Come” 的论文中进一步详细描述了 OFDM 调制。

从而, 数据处理器 1520 接收并处理对应于  $K$  条信道数据流的经编码的数据, 以提供  $N_T$  个调制符号矢量,  $V_1$  至  $V_{N_T}$ , 每个发射天线一个调制符号矢量。在一些实现中, 一些调制符号矢量可能在对于不同发射天线的特定的子信道上具有重复的信息。然后分别把调制符号矢量  $V_1$  至  $V_{N_T}$  提供给调制器 1414a 至 1414t。

在图 15 所示的实施例中, 每个调制器 1414 包括 IFFT 1530、循环前缀发生器 1532 以及上变频器 1534。IFFT 1530 将所接收的调制符号矢量转换成它们的被称为 OFDM 符号的时域表示。可把 IFFT 1530 设计成在任何数量的子信道 (如 8、16、32 等等) 上进行 IFFT。在一个实施例中, 对于每个被转换成 OFDM 符号的调制符号矢量, 循环前缀发生器 1532 重复 OFDM 的时域表示的一部分, 以形成指定天线的发射符号。如下所述, 所述循环前缀确保在存在多径延迟扩展的情况下, 所述发射符号保留其正交特性, 从而改进防备有害通路影响的性能。IFFT 1530 和循环前缀发生器 1532 的实现在本领域中是已知的, 并且在此不作详细描述。

然后由上变频器 1532 处理来自每个循环前缀发生器 1532 的时域表示 (即每个天线的发射符号), 将其转换成模拟信号, 调制成 RF 频率, 并调整 (如放大和滤波) 以产生 RF 已调信号, 然后从各自的天线 1416 发射该信号。

图 15 还示出了数据处理器 1520 的实施例的框图。把每条信道数据流的经编码的数据 (即经编码的数据流  $X$ ) 提供给各自的信道数据处理器 1532。如果要在多条子信道和/或多个天线上发射所述信道数据流 (在至少一些发射上无重复), 则信道数据处理器 1532 将信道数据流解复用成若干 (一直到  $L \cdot N_T$ ) 数据子流。每条数据子流对应于在某一天线处在某一子信道上的发射。在典型实现中, 由于一些子信道用于信令、话音和其它类型的数据, 数据子流的个数小于  $L \cdot N_T$ 。然后处理所述数据子流, 为已分配的子信道的每一条产生对应的子流, 然后将这些子信道提供给组合器 1534。组合器 1534 将指定给每个

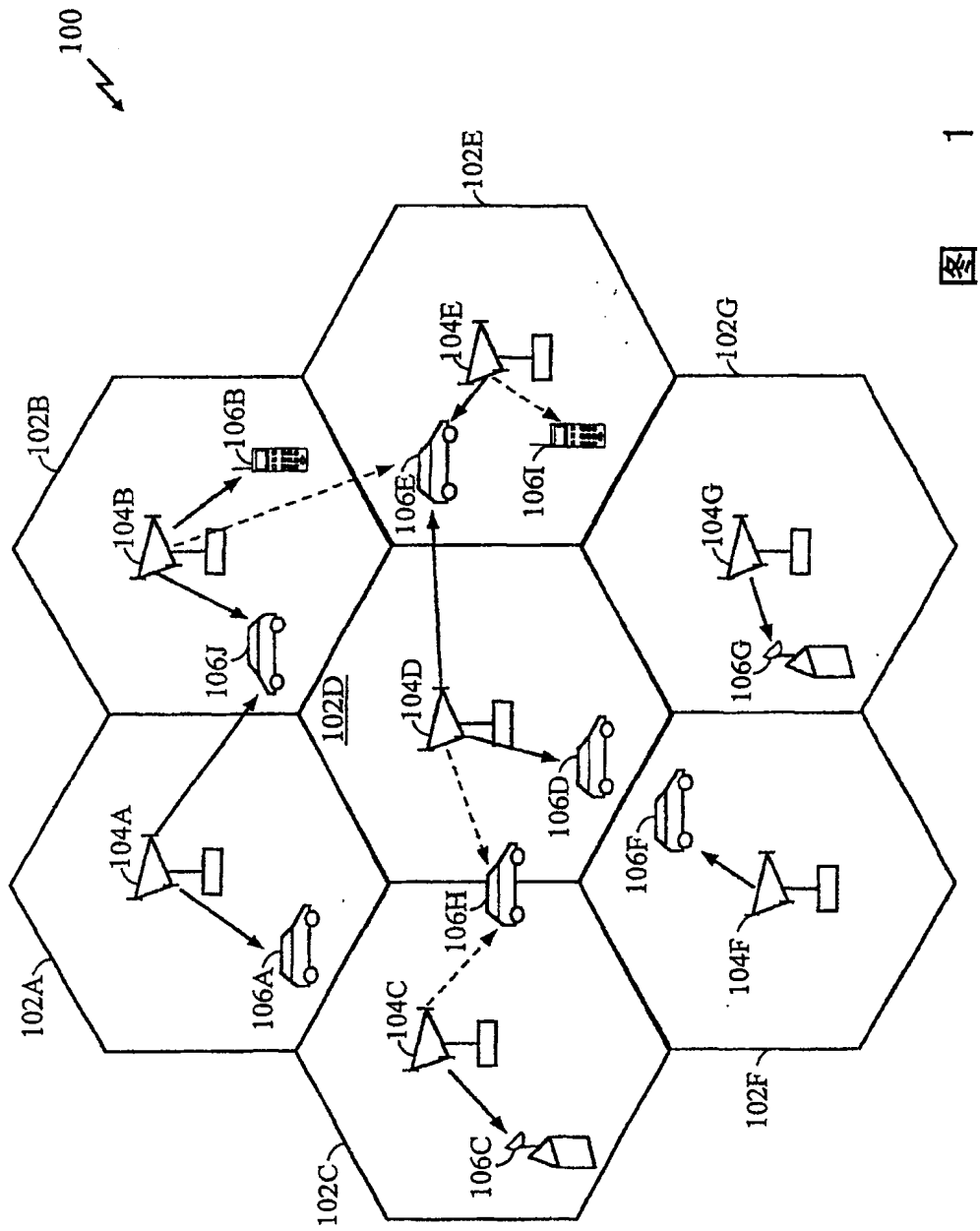
天线的调制符号组合成调制符号矢量，然后提供所述调制符号矢量作为调制符号矢量流。然后将对于  $N_T$  个天线的  $N_T$  个调制符号矢量流提供给后面的处理块（即调制器 1414）。

在提供最多灵活性、最佳性能和最高效率的设计中，可个别地或独立地选择要在每个时隙、每条子信道上发射的调制符号。这种特性允许在时间、频率和空间的所有 3 维中对可用资源的最佳使用。从而，由每个调制符号传送的数据比特数可不同。

在图 15 所示的实施例 中，资源分配处理器 1430 耦合至解多路复用器 1510、数据处理器 1520 以及上变频器 1524。在调度了数据传送之后，资源分配处理器 1430 控制已调度的传送的数据由解多路复用器 1510 解复用到它们各自自己分配的信道中。资源分配处理器 1430 根据已确定的链路质量进一步控制对这些传送的处理。例如，资源分配处理器 1430 可确定要使用的调制方案（如 M-PSK、M-QAM）以及这些传送的数据速率。资源分配处理器 1430 还可向上变频器 1524 提供指示，以减少或禁用一些或全部可用信道的发射功率，以实现所希望的系统目标。

如上所示，用包括各种类型的数据处理器、编码器、IFFT、FFT、解多路复用器、组合器、资源分配处理器、信道表征处理器等等的各种处理单元，实现了所述发射机单元和接收机单元。可以用诸如专用集成电路（ASIC）、数字信号处理器、微型控制器、微处理器或设计成执行这里所述的功能的其它电子线路之类的各种方式来实现这些处理单元。同样地，可用通用处理器或操作以执行实现这里所述的功能的指令代码的专门设计的处理器，来实现所述处理单元。从而，可使用硬件、软件或它们的组合来实现这里所述的处理单元。

给出了较佳实施例的先前说明，使本领域中的任何普通技术人员能够制造或使用本发明。对于本领域中的普通技术人员来说，这些实施例的各种修正 是显而易见的，并且这里定义的一般原则可适用于其它实施例，而不使用创造能力。从而，不打算把本发明限制于这里示出的实施例，而是符合在此揭示的原理和新颖特点的最宽泛的范围。



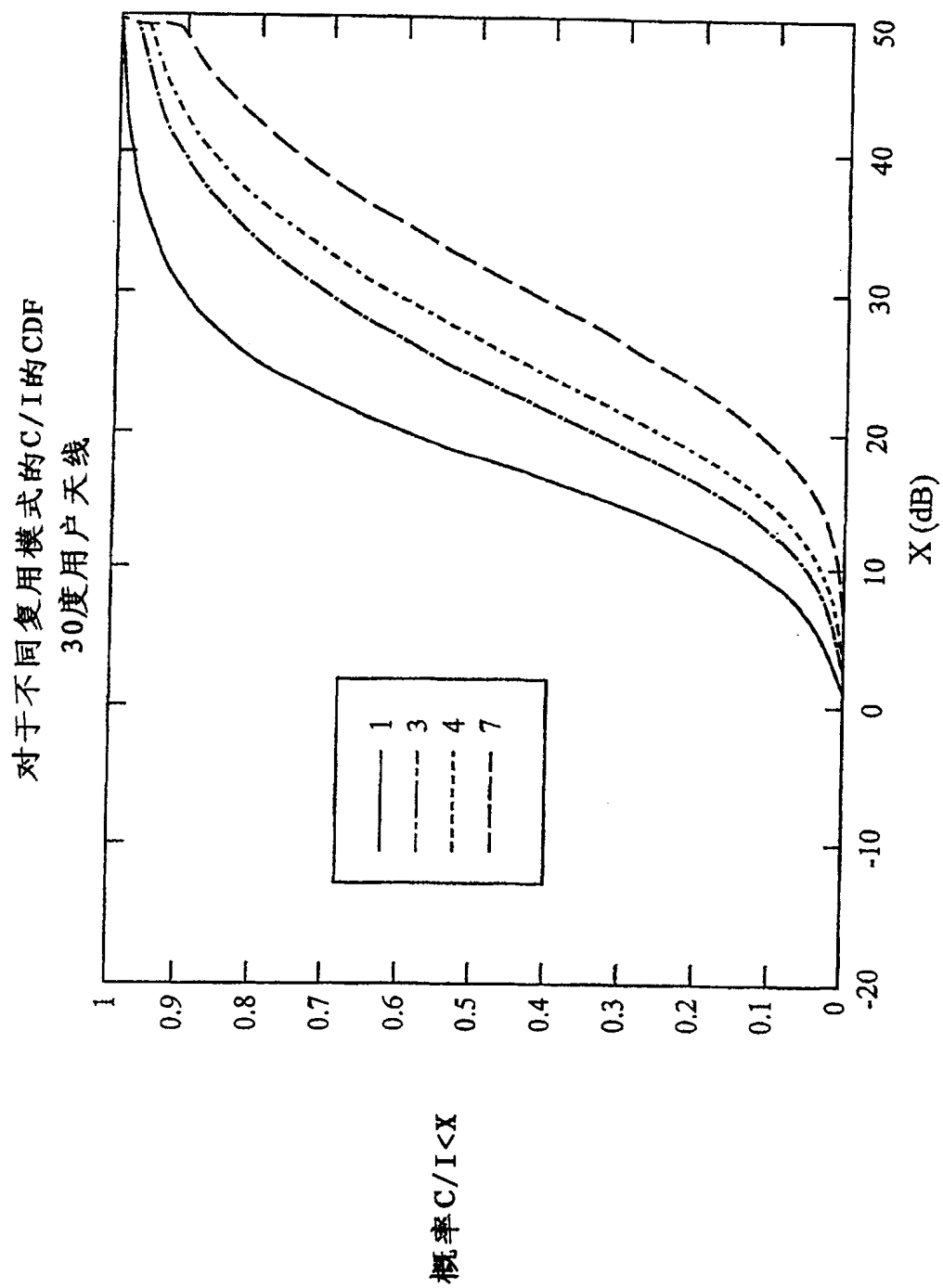


图 2

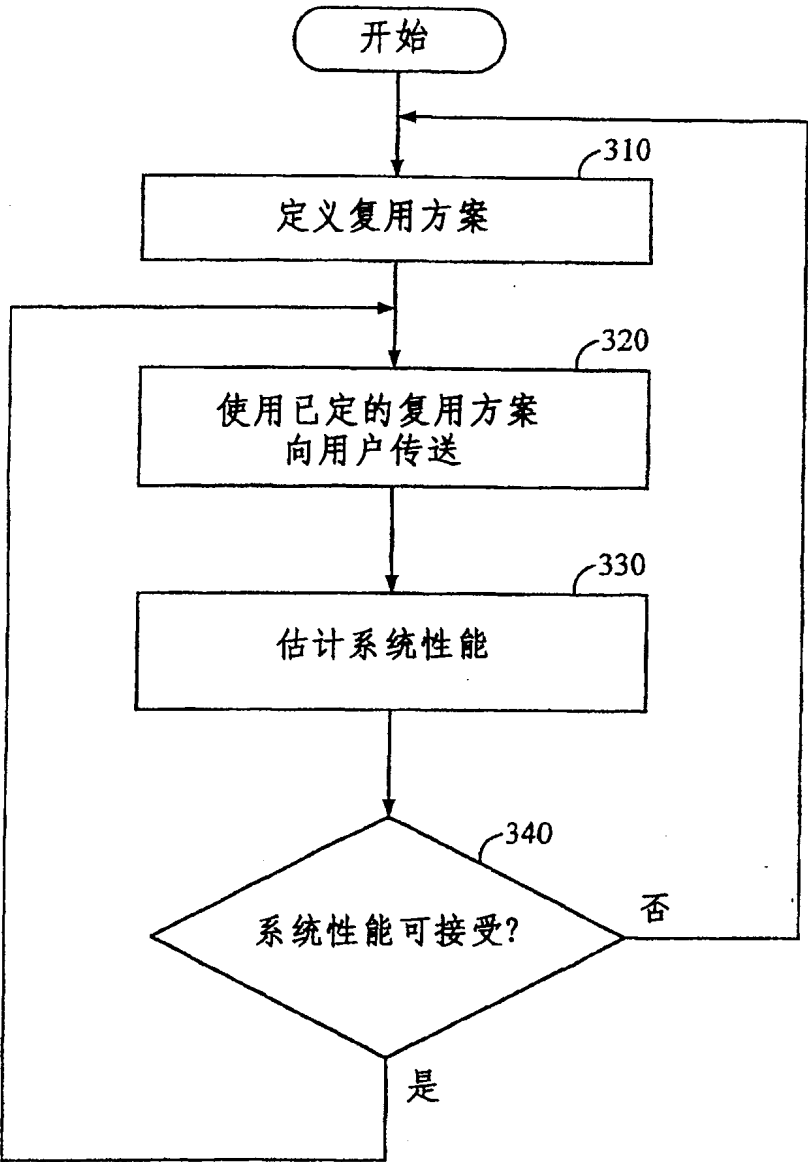


图 3



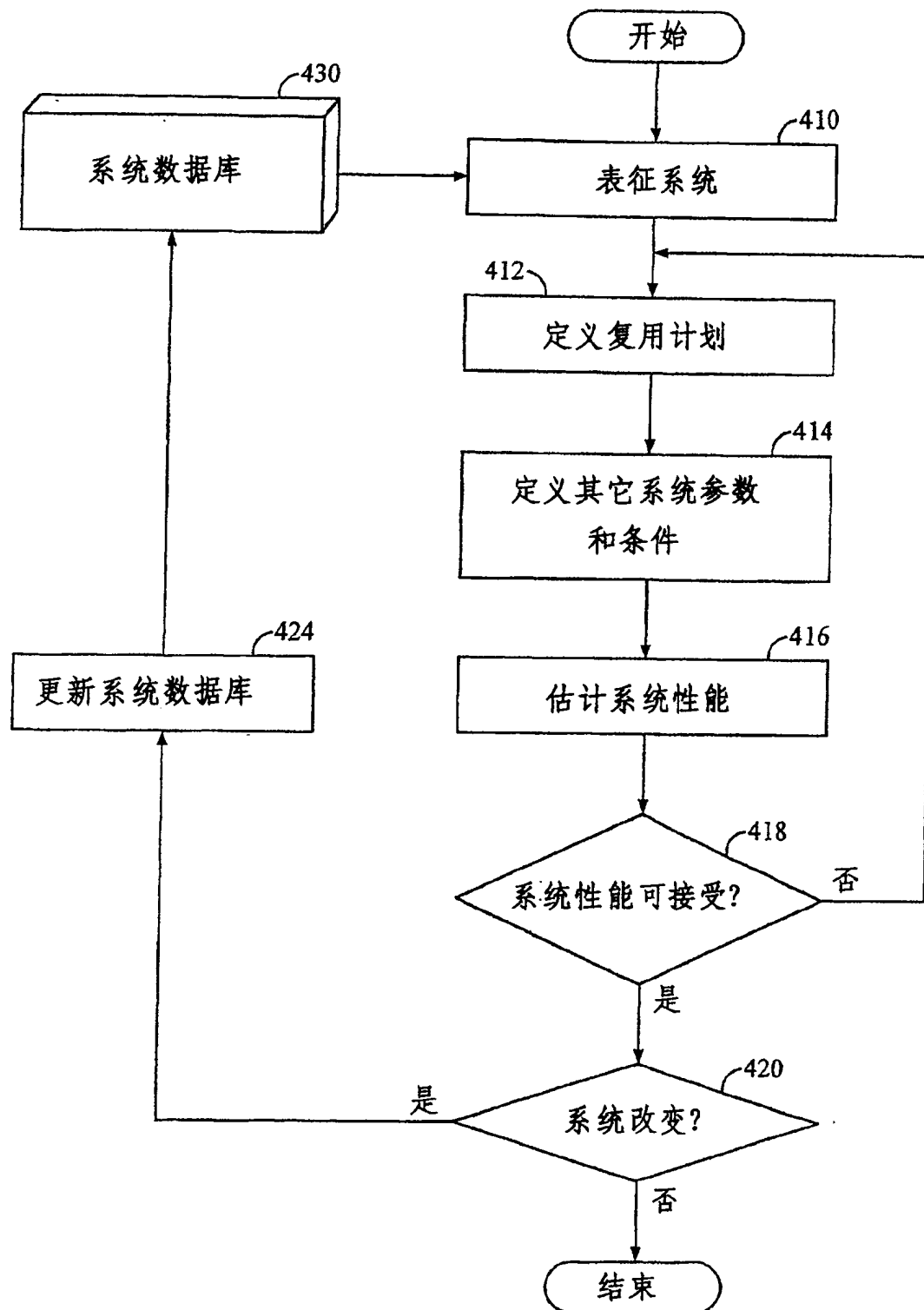


图 4

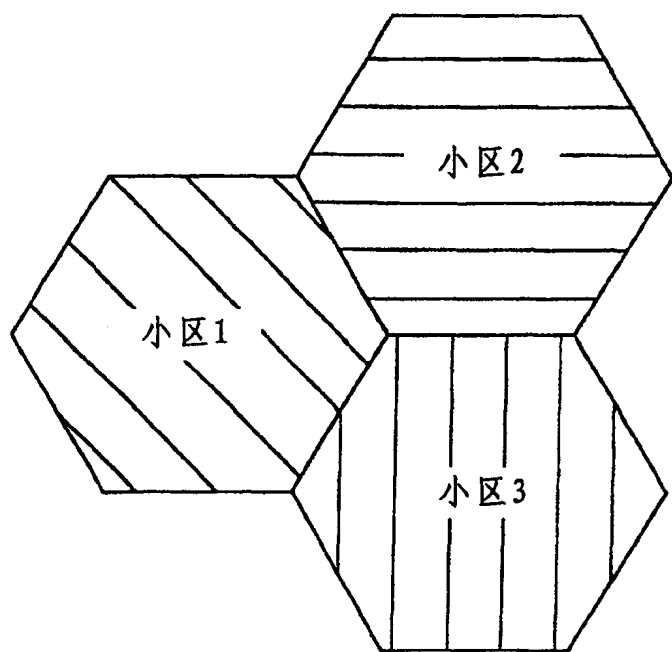


图 5

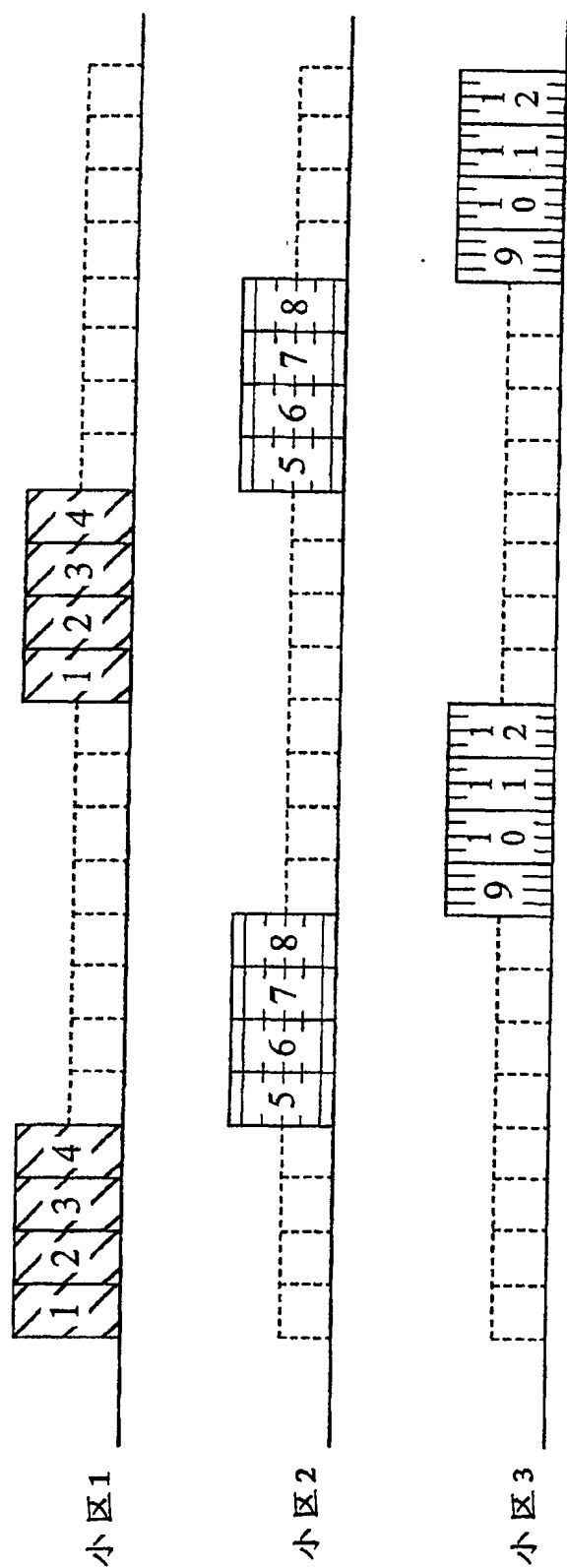


图 6

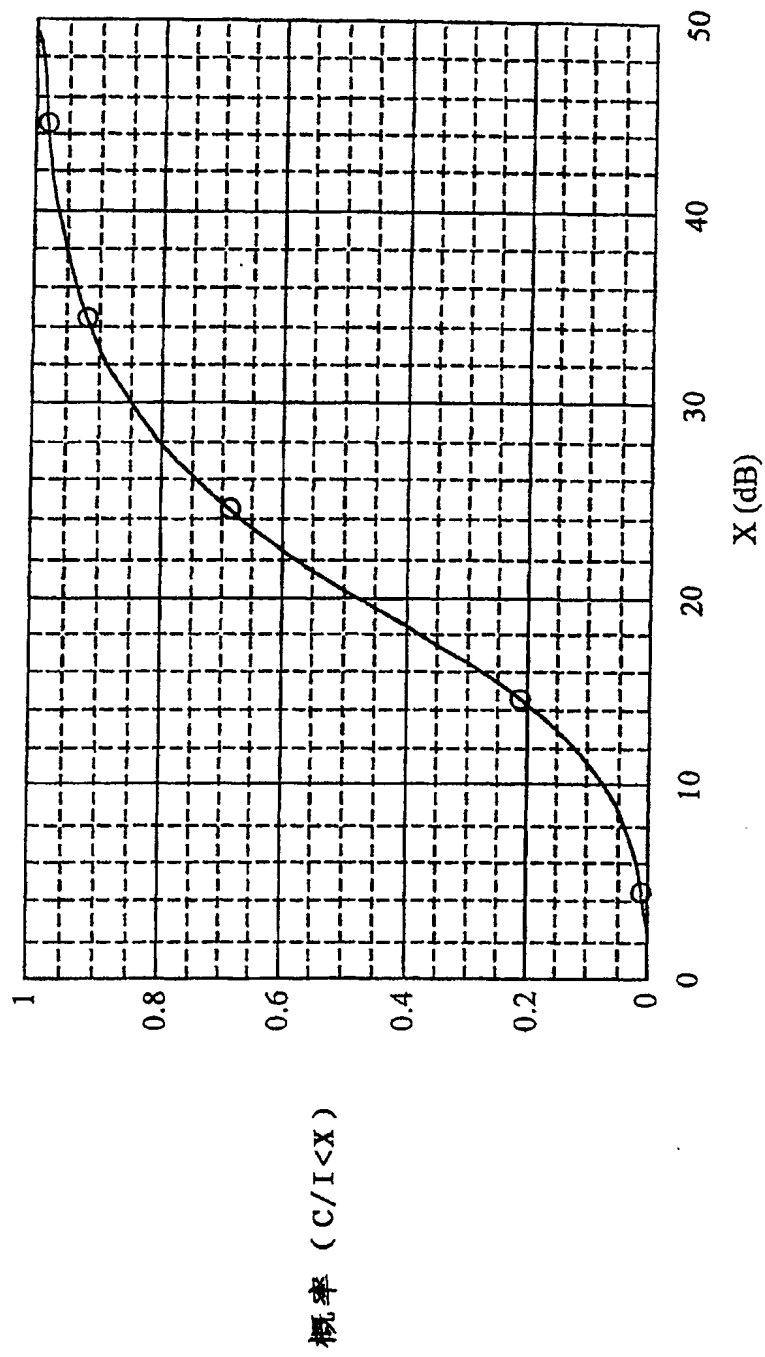
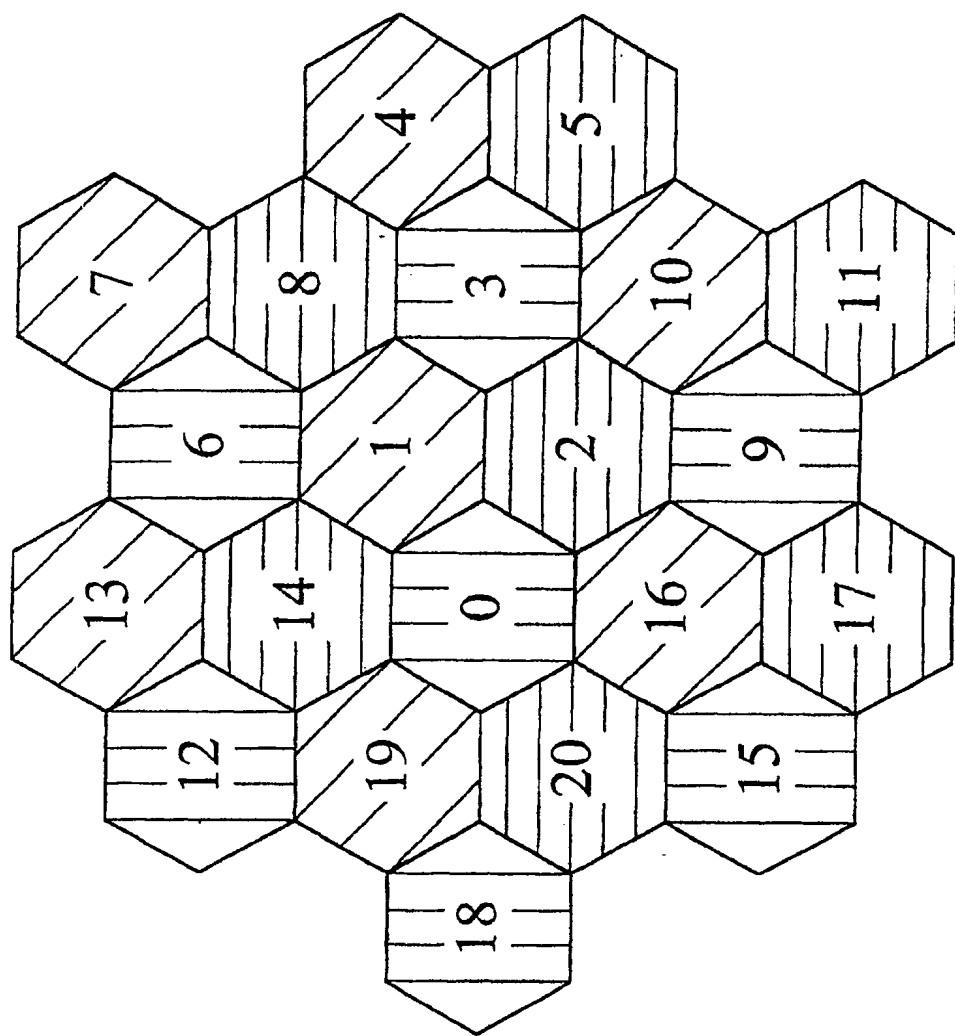


图 7



8

图

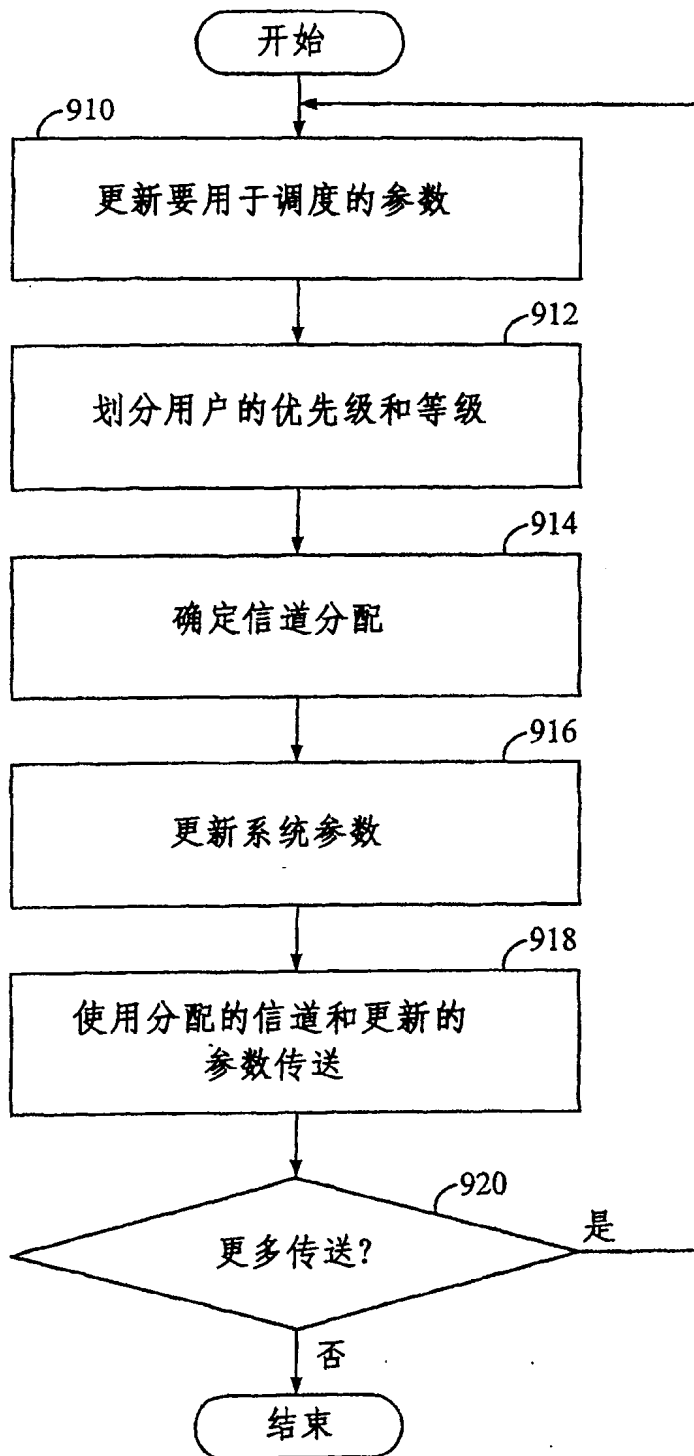


图 9

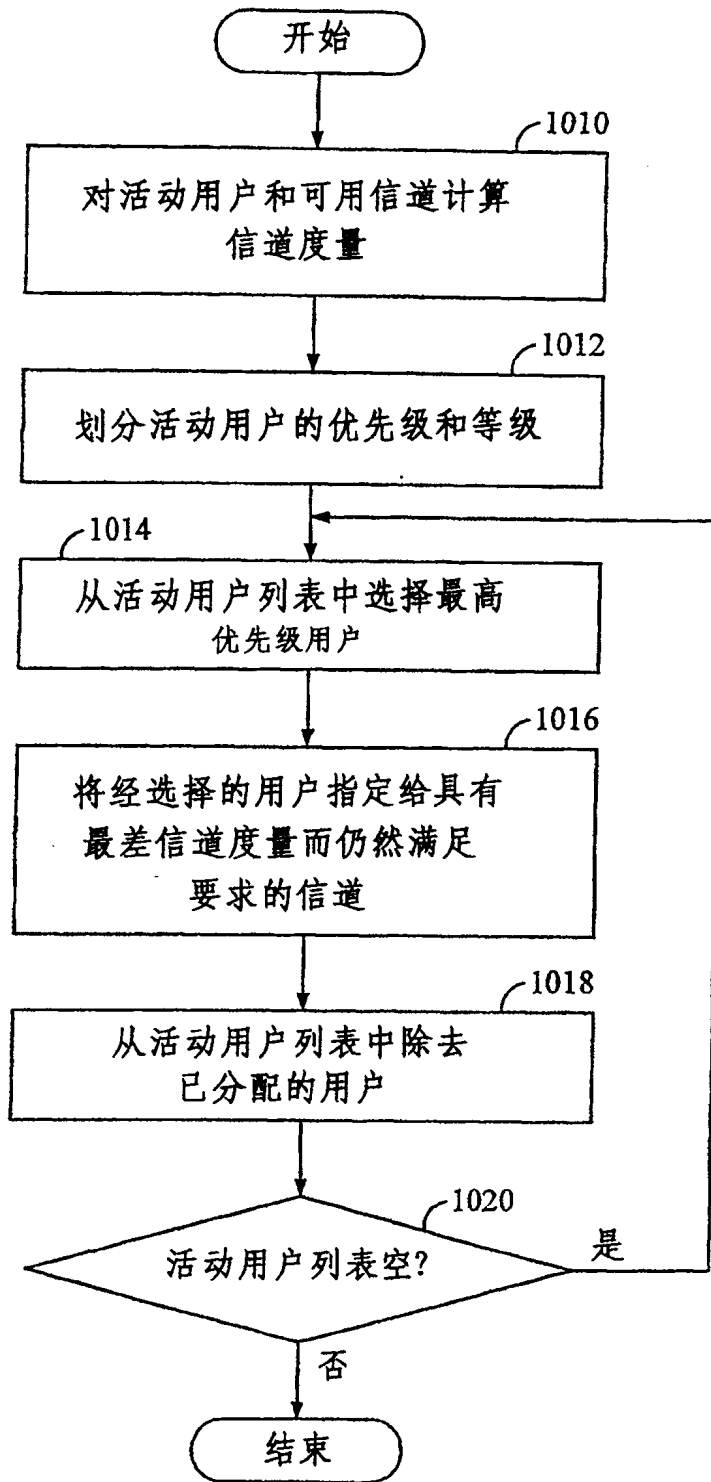


图 10

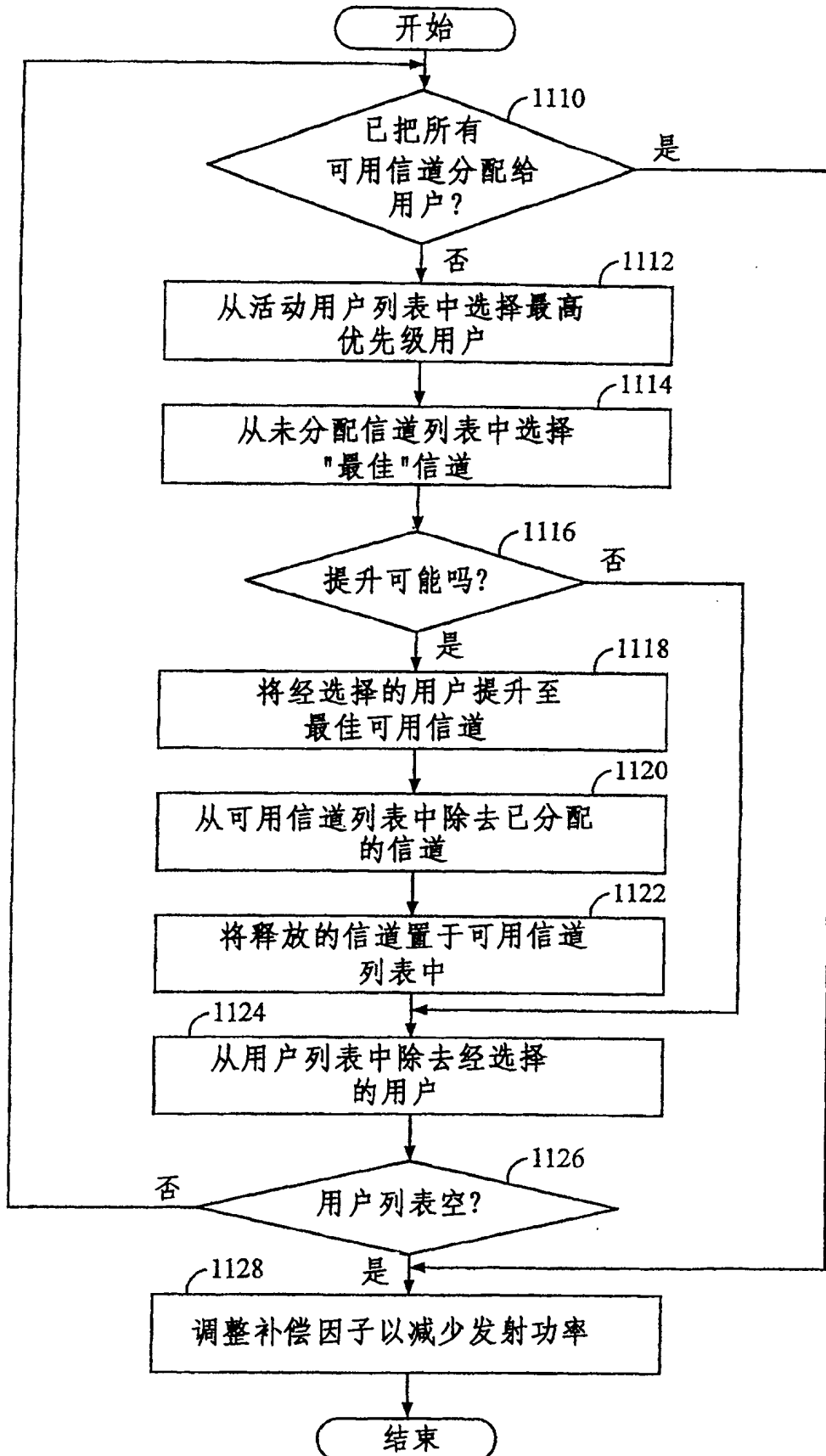


图 11



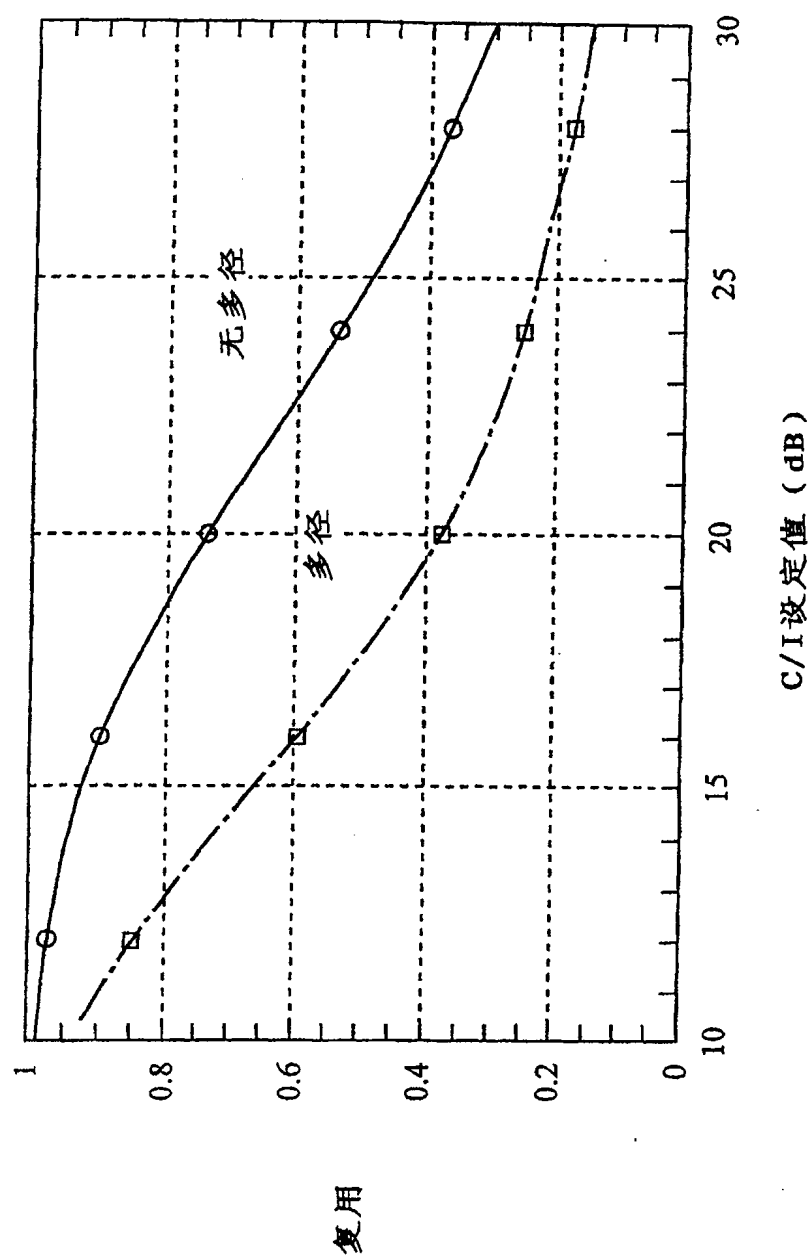


图 12

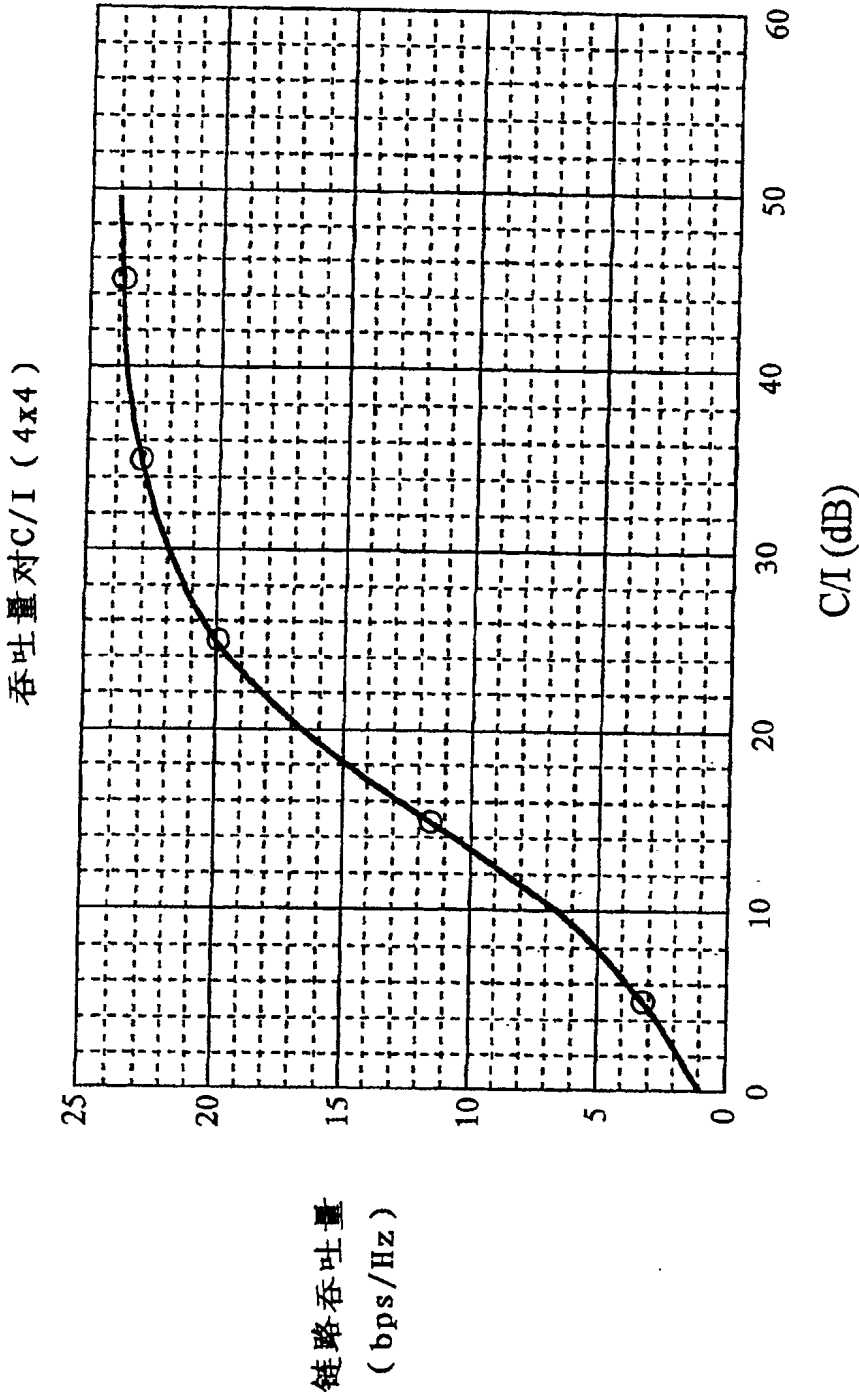


图 13A

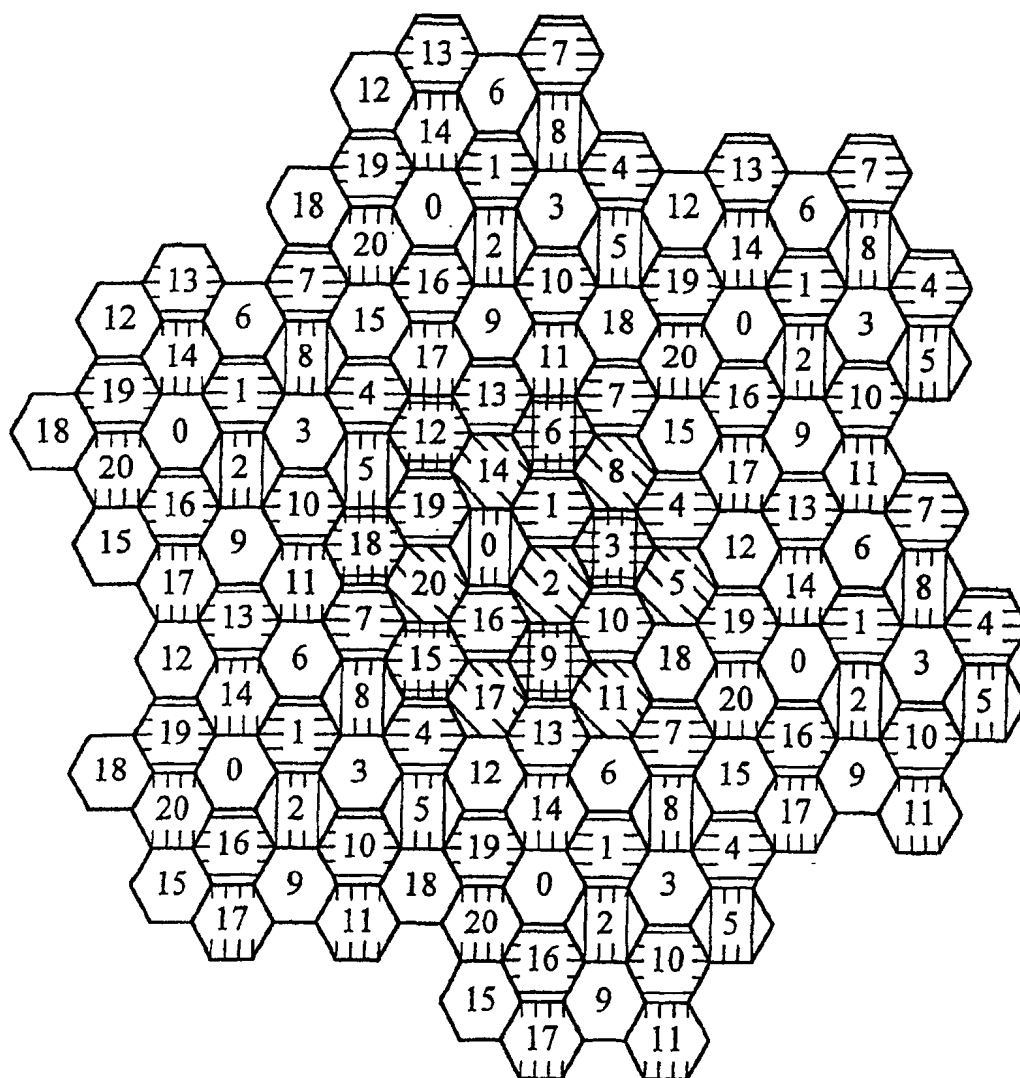


图 13B

中断概率 (设定值=15dB)

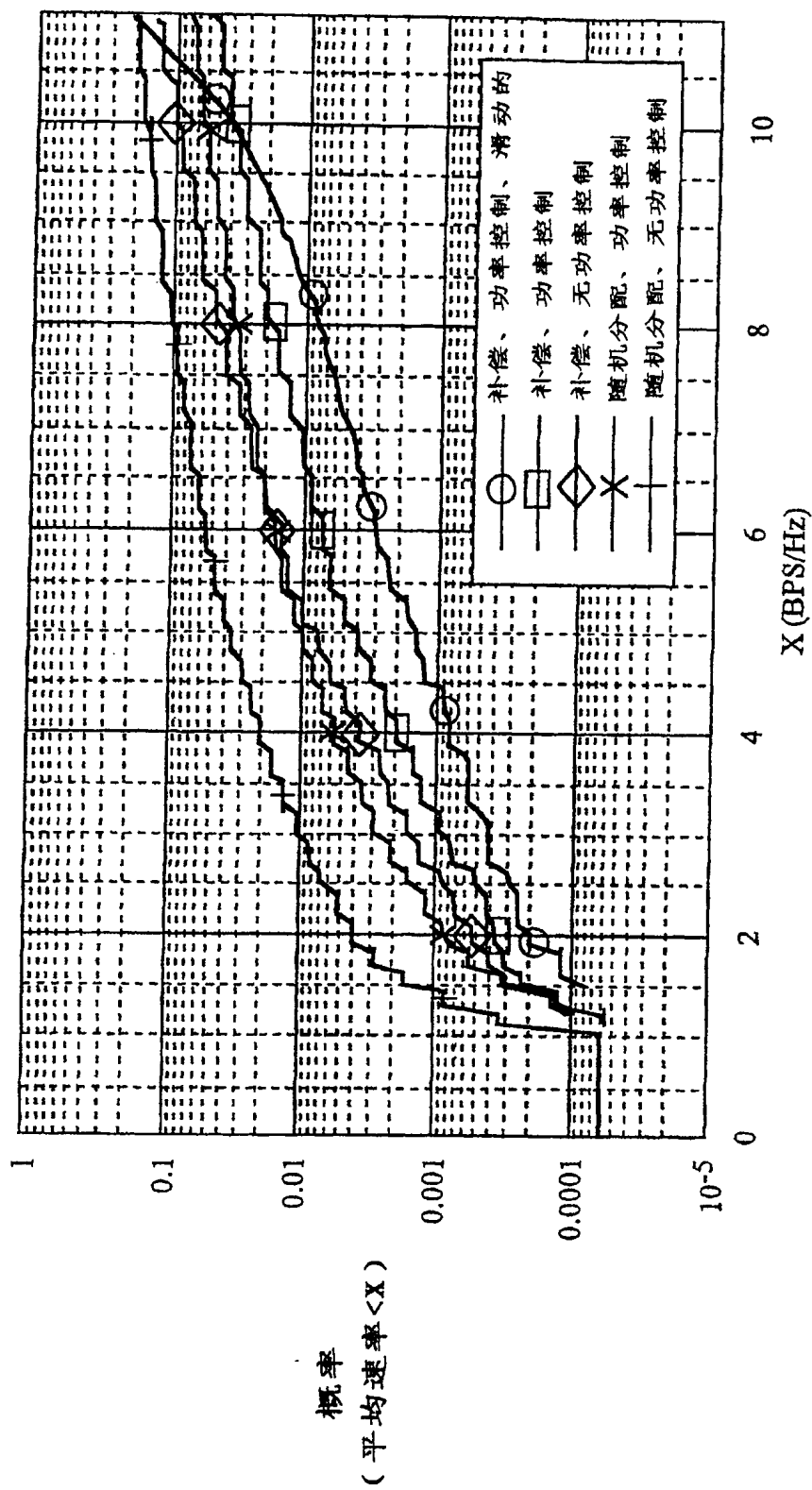


图 13C

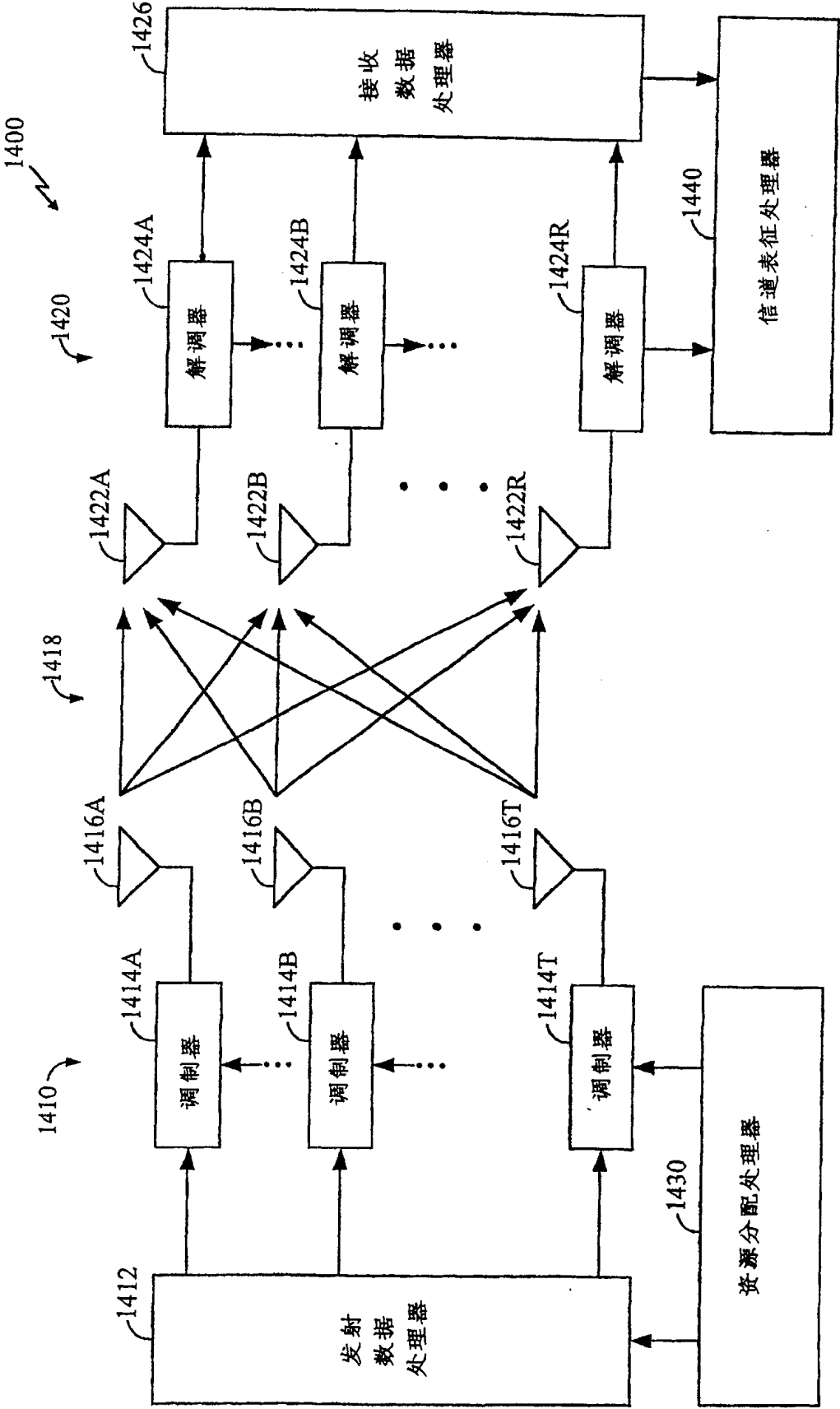


图 14

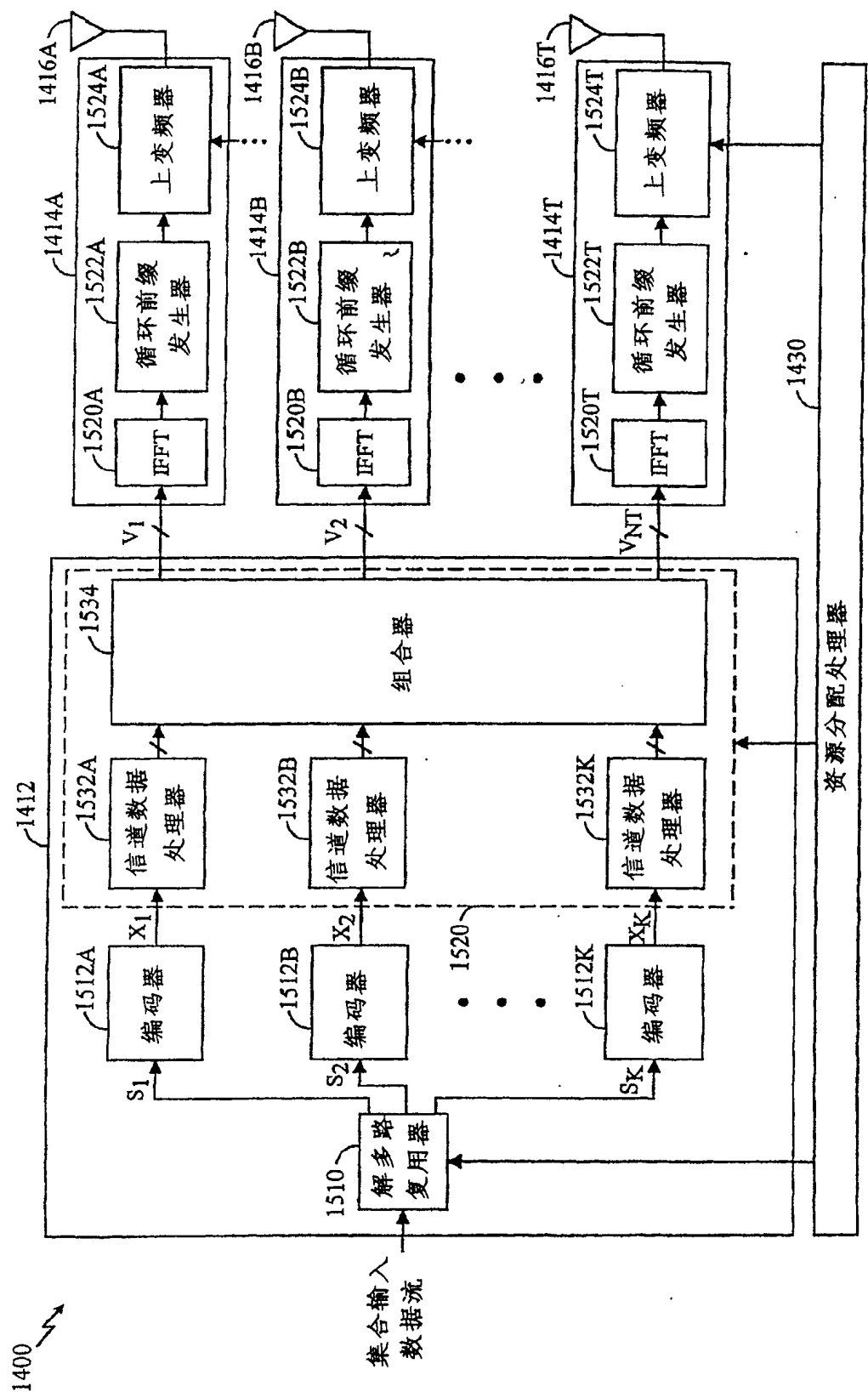


图 15